

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1969

THÈSE

N°

9

POUR LE

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3^{me} Cycle)

PAR

Monique, Rachel, Zelda TRILLER-BACH

Née le 10 Janvier 1927 à Paris

Présentée et soutenue publiquement le

ORGANISATION VASCULAIRE
DE LA MANDIBULE ET DES DENTS
CHEZ LE COBAYE ET LE RAT

Président : Monsieur A. SICARD (Professeur)

DACTYLO-SORBONNE

8, Rue Casimir-Delavigne
PARIS-VI

1969

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

--

Année 1969

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN CHIRURGIE DENTAIRE

(Thèse de 3ème Cycle)

par

Monique, Rachel, Zelda TRILLER-BACH

Née le 10 janvier 1927 à Paris

--

Présentée et soutenue publiquement
le

--

ORGANISATION VASCULAIRE DE LA MANDIBULE

ET DES DENTS CHEZ LE COBAYE ET LE RAT

--

Président : Monsieur A. SICARD (Professeur)

--

DACTYLO-SORBONNE

8, rue Casimir Delavigne

PARIS - 6ème

1969



PROFESSEURS HONORAIRES

MM. ALAJOUANINE (T), BENARD (H), BERNARD (E),
 BINET (L), BULLIARD (H), CATHALA (J), CHABROL (E),
 CHAILLEY-BERT (P), CHEYMOL (J), COSTE (F.),
 DEBRE (R), DECHAUME (M), GALLIARD (H), GAUDARD
 d'ALLAINES (F.de), GENNES (L.de), GIROUD (A),
 HAZARD (R), HEUYER (G), LACOMME (M), LAMY (M),
 LAROCHE (G), LELONG (M), LEVY (Mlle J), LEVY-
 SOLAL (E), LIAN (C), MADURO (R), MARCHAL (G),
 MATHIEU (P), MONOD (R), MOREAU (R), MOULONGUET (P),
 PASTEUR VALLERY-RADOT, PETIT-DUTHILLIS (D),
 PIEDELIEVRE (R), QUENU (J), RENARD (G), SENEQUE (J),
 STROHL (A), TANON (L), TURPIN (R), VERNE (J).

DOYEN

Georges BROUET

1er assesseur

Daniel BARGETON

2e assesseur

Jean GOSSET

A - CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

	MM.
Anatomie	{ DELMAS (A)
.....	{ HUARD (P)
à titre personnel	CABROL (Ch)
- -	OLIVIER (G)
Anatomie et Cytologie patho-.....	DELARUE (J)
logiques à titre personnel	NEZELOF (Ch)
- -	ORCEL (L)
.....	{ JAYLE (M.F)
Biochimie médicale	{ DESGREZ (P)
.....	{ POLONOVSKI (J)
Chimie Pathologique	SCHAPIRA (G)
à titre personnel	CARTIER (P)
- -	DREYFUS (J.Cl)
Biologie médicale (à titre per-.....	BOURLIERE (F)
sonnel)	HARTMANN (L)
.....	{ BUGNARD (L)
Biophysique médicale	{ DJOURNO (A)
.....	{ DOGNON (A)

Biophysique médicale		
à titre personnel	.....	KELLERSHOHN (L)
- -	.....	GOUGEROT (L)
- -	.....	ROUCAYROL (J.Cl)
Cancérologie expérimentale	.....	MATHE (G)
Génétique fondamentale	.....	LEJEUNE (J)
	.....	{ COUJARD (R)
Histologie et Embryologie	.....	{ TUCHMANN-
	.....	{ DUPLESSIS (H)
à titre personnel	.....	RACADOT (J)
Microbiologie	.....	FASQUELLE (R)
Bactériologie et Virologie	.....	TOURNIER (P)
à titre personnel	.....	BARBIER (P)
Parasitologie	.....	LARIVIERE (M)
Pathologie expérimentale et comparée	.....	MERKLEN (F.P)
à titre personnel	.....	LOEPER (J)
Pharmacologie	.....	{ BOISSIER (J.R)
	.....	{ LECHAT (P)
	.....	{ BARGETON (D)
Physiologie	.....	{ MALMEJAC (J)
	.....	{ PARROT (J)
à titre personnel	.....	DEJOURS (P)
Physiologie et biologie appliquée aux sports	.....	SCHERRER (J)

B - CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

I°- Médecine

Biologie médicale	.....	FAUVERT (R)
Histoire de la Médecine et de la Chirurgie	.....	COURY (Ch.)
Hygiène et Médecine préventive	.....	BOYER (J)
Médecine du Travail	.....	DESOILLE (H)
Médecine légale, droit médical et déontologie	.....	DEROBERT (L)
Pathologie exotique	.....	BRUMPT (L.C)
	.....	{ BUGE (A)
	.....	{ BRICAIRE (H)
Pathologie médicale	.....	{ CORNET (A)
	.....	{ HOUSSET (E)
	.....	{ LAROCHE (Cl.)

Pathologie médicale

à titre personnel	AZERAD (E)
- -	BOUR (H)
- -	BROCARD (H)
- -	CAROLI (J)
- -	FACQUET (J)
- -	LAMBLING (A)
- -	LAUNAY (Cl.)
- -	PAYET (M)
- -	PERRAULT (M)
- -	SIGUIER (F)
- -	WORMS (R)
- -	BOUVIER (J)

Pathologie respiratoire TURIAF (J)

Pathologie et Thérapeutique

générales	MAURICE (P)
Thérapeutique	LAMOTTE (M)
Thérapeutique appliquée	MARCHE (J)

Chaires de Cliniques :

Clinique cardiologique (Boucicaut)	LENEGRE (J)
- - (Broussais)	SOULIE (P)
Clinique dermatologique (St-Louis)	DUPERRAT (F)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)	DEGOS (R)
Clinique endocrinologique (Pitié)	DECOURT (J)
Clinique des maladies infectieu- ses (Claude-Bernard)	MOLLARET (P)
à titre personnel	BASTIN (R)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)	DELAY (J)
à titre personnel (neuro- psychiatrie)	PICHOT (P)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)	CASTAIGNE (P)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	GARCIN (R)
à titre personnel	LHERMITTE (F)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	MICHAUX (L)

Clinique des maladies du sang		
(Broussais)		BERNARD (J)
à titre personnel (hématologie)		ANDRE (R)
-	-	BOUSSER (J)
-	-	DREYFUS (B)
Cliniques médi- cales	Bicêtre	DEPARIS (M)
	Broussais	MILLIEZ (P)
	Cochin	PEQUIGNOT (H)
	Hôtel-Dieu	BARIETY (M)
	Pitié	DREYFUS (G)
	Saint-Antoine	BOUDIN (G)
	-	CONTE (M)
	-	KOURILSKY (R)
Clinique médicale propédeutique		JUSTIN-
(Broussais)		BESANCON (L)
Clinique thérapeutique médicale		
(Saint-Antoine)		LEMAIRE (A)
Clinique et Séméiologie médicales		
(Antoine-Chantin)		DOMART (A)
Séméiologie médicale (Lariboisière)		BOUVRAIN (Y)
-	(Pitié)	RAMBERT (P)
-	(Rothschild)	WOLFROMM (R)
Clinique d'Hydrologie et de Cli- matologie (Bichat)		DEBRAY (Ch)
à titre personnel		GIBERTON (A)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies métaboliques		
(Hôtel-Dieu)		DEROT (M)
Clinique néphrologique (Necker)		HAMBURGER (J)
à titre personnel		RICHET (G)
-	-	CROSNIER (J)
Clinique de Génétique médicale		
(Enfants-Malades)		ROYER (P)
Clinique des maladies des enfants		
(Enfants-Malades)		MOZZICONACCI (P)
Clinique médicale infantile et de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)		MARIE (J)
Clinique de pédiatrie (Trousseau)		BRISSAUD (H)
à titre personnel		LESOBRE (R)
Clinique de pédiatrie et de pué- riculture (Saint-Vincent-de-Paul)		THIEFFRY (S)

MM.

Hygiène et Clinique de la première enfance (Trousseau)	LAPLANE (R)
à titre personnel	POLONOVSKI(Cl.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)	BROUET (G)
à titre personnel	KREIS (B)
-	MEYER (A)
Clinique de rééducation motrice	GROSSIORD (A)
Electroradiologie	{ LEDOUX-
	{ LEBARD (M)
	{ LEFEBVRE (J)
Radiologie médicale	DESGREZ (H)
à titre personnel	FISCHGOLD (H)
-	TUBIANA (M)
-	CHERIGIE (E)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	DELBARRE (F)
Clinique rhumatologique (Lariboisière)	SEZE (S.de)
Clin. toxicologique (Fernand-Widal)	GAULTIER (M)
2°- Chirurgie	
Anesthésiologie	VOURC'H (G)
	{ LAURENCE (G)
Pathologie chirurgicale	{ KUSS (R)
	{ N...
à titre personnel	RAMADIER (J)
Physiologie et pathologie obstétricales	MORIN (P)
Technique chirurgicale et chirurgie expérimentale	MONSAINGEON(A)
Chaires de Cliniques :	
Clinique carcinologique (Gustave-Roussy)	DENOIX (P)
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)	REDON (H)
à titre personnel	BREHANT (J)

MM.

Cliniques chirurgicales	{ Beaujon	LORTAT-JACOB (J.L.)
	{ -	BAUMANN (J)
	{ Cochin	LEGER (L)
	{ Hôtel-Dieu	PATEL (J)
	{ St-Antoine	GOSSET (J)
	{ Salpêtrière	SICARD (A)
	{ Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)		ROUX (M)
Séméiologie et clinique chirurgicales (Broussais)		POILLEUX (F.)
Séméiologie et clinique chirurgicales (Saint-Louis)		DEBEYRE (J)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin)		MERLE d'AUBIGNE (R)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Foch)		PADOVANI (P)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Beaujon)		CAUCHOIX (J)
Clinique traumatologique et orthopédique (Raymond-Poincaré)		JUDET (R)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)		FEVRE (M)
à titre personnel		CHIGOT (P.L)
Clinique de chirurgie cardiovasculaire (Broussais)		DUBOST (Ch.)
Clinique de chirurgie thoracique (Laennec)		MATHEY (J)
à titre personnel		GAUDART D'ALLAINES (Cl. de)
Clinique chirurgicale et gynécologique (Broca)		HUGUIER (J)
Clinique obstétricale (Baudelocque)		LEPAGE (F)
Clinique obstétricale (Saint-Antoine)		MERGER (R)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)		VARANGOT (J)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)		DAVID (M)
à titre personnel		LEBEAU (J.)

	MM.
Clinique ophtalmologique (Cochin).....	BREGENT (P)
- - (Hôtel-Dieu).....	OFFRET (G)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	AUBRY (M)
Clinique stomatologique (Salpêtrière)	CERNEA (P)
Clinique urologique (Cochin)	ABOULKER (P)
- - (Necker)	COUVELAIRE (R)

C - PROFESSEURS SANS CHAIRE

Anatomie	GILLOT (Cl.)
Anatomie pathologique	GOUYGOU (Ch.)
Bactériologie	CHRISTOL (D)
Bactériologie	LE MINOR (L)
	{ CARTIER (P)
Biochimie médicale	{ GONNARD (P)
	{ NORDMANN (J)
Chirurgie	CERBONNET (G)
	{ BESSIS (M)
Hématologie	{ BILSKI-PASQUIER (G)
	{ BLANCHER (G)
Hygiène	{ CORRE-HURST (Me L)
	{ CECCAL (P)
Médecine légale	{ HADENGUE (A)
	{ FOURNIER (E)
Médecine générale	AUSSANNAIRE (M)
Maladies infectieuses	DUPONT (V)
Neuro-psychiatrie	TARDIEU (G)
Pédiatrie	ROSSIER (A)
	{ COURSAGET (J)
Physique médicale	{ GREMY (F)
	{ PELLERIN (P)
	{ DURAND (J)
Physiologie	{ GIRARD (Fr.)
	{ HUGELIN (A)
Stomatologie	CHAPUT (Mme A)
Pharmacologie	SCHMITT (H)

D - PROFESSEURS DETACHES DANS LES UNIVER- SITES ETRANGERES

Pathologie chirurgicale	RUDLER (J)
	Pr.s.ch.

E - PROFESSEURS ASSOCIES

	MM.
Hormonologie	MORICARD (R)
Statistique médicale et épidémiologie	SCHWARTZ (D)
Néphrologie	MAXWELL (M)
Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J)
Conseiller administratif	M. SALLIER (G)
Conservateur en Chef de la Bi- bliothèque	{ M.le Docteur HAHN (A)
Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	
Conservateurs	{ Mme FORGET (F) Mlles DUMAITRE (P), LAURENT(H), LE NOIR(G)
Bibliothécaires	{ Mmes CONTET (J) Mlles DUROZOY(M.F) ROBERGE (D), LE QUANG LINH (G), REUGE (M)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A la mémoire de mon père

A ma mère

A mon mari

Pour mes enfants

Je dédie cette thèse

à Monsieur le Professeur A. SICARD

Professeur à la Faculté de Médecine
de Paris

Membre de l'Académie Nationale de
Médecine

Membre de l'Académie de Chirurgie

Officier de la Légion d'Honneur

Qui nous a fait le très
grand honneur d'en
accepter la présidence

A Monsieur Lucien LEBOURG

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine
de Paris

Professeur au Collège de Médecine

En souvenir de l'excellent
enseignement qu'il nous
a prodigué

ORGANISATION VASCULAIRE
DE LA MANDIBULE ET DES DENTS
CHEZ LE COBAYE ET LE RAT

-:-

SOMMAIRE

- :: -

I . INTRODUCTION.

Historique

II . METHODES ET TECHNIQUES.

anesthésie

perfusion

injection

préparation de la pièce osseuse

technique histologique

III. ETUDE ANATOMIQUE DE LA VASCULARISATION DE LA MANDIBULE ET DES DENTS.

vascularisation du condyle et de l'apo-
physe coronoïde de la branche montante
de la branche horizon-
tale

étude de l'incisive de cobaye

étude de la molaire de cobaye

IV . ORGANISATION VASCULAIRE EN REGARD DE L'EVOLUTION DU GERME DENTAIRE.

1er stade : du mur saillant au bourgeon
dentaire

2e stade : de la formation de la cloche
dentaire à la différenciation
des odontoblastes.

3e stade : début de dentinogenese et différenciation des adamantoblastes

4e stade : secretion de l'émail et minéralisation du germe

5e stade : Periode pré-éruptive.

V .CONCLUSION

VI .BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION

-:-

Je remercie Monsieur le Professeur CERNEA qui a accepté le sujet de cette thèse.

Je remercie également Monsieur le Professeur PANIGEL qui a bien voulu nous accueillir dans son laboratoire de l'I.N.S.E.R.M. à l'hôpital St-Antoine et qui nous a initié aux techniques d'injections vasculaires pratiquées dans ce laboratoire. En mettant à notre disposition le matériel et les animaux nécessaires à notre expérimentation, il nous a permis d'effectuer notre travail dans les meilleures conditions possibles en nous aidant de ses conseils et de ses directives.

Je remercie Monsieur Robert WEILL qui nous a guidés dans le domaine bucco-dentaire sur des points plus spécialisés que ses recherches personnelles lui avaient permis d'approfondir.

Je remercie aussi les techniciens qui m'ont aidée dans la réalisation de l'iconographie.

Les recherches morphologiques et expérimentales sur l'irrigation sanguine au niveau des maxillaires et des dents présentent non seulement un intérêt théorique mais revêtent une importance pratique et clinique. Elles sont également à la base des études sur le métabolisme calcique et les processus de croissance.

Depuis fort longtemps, de nombreux chercheurs anatomistes, embryologistes, histologistes ont étudié l'arbre vasculaire par injection de diverses substances dans les vaisseaux.

Depuis leur invention par les anatomistes du XVII^e siècle (de GRAAF, 1668, SWAMMERDAM, 1672, NUCK, 1692) et l'introduction des techniques histologiques (LIBERKUHN, 1748) l'investigation des vaisseaux par les techniques d'injections vasculaires ont donné lieu à de très nombreux travaux. Dès 1680 environ, LEEWENHOEK (cité par STOWELL, 1887) décrit l'abondante vascularisation de la pulpe dentaire. Mais jusqu'au XIX^e siècle, le manque d'instrumentation convenable a posé un certain nombre de problèmes aux chercheurs et les premiers manuels d'anatomie ne donnent qu'une description succincte des collatérales de l'artère maxillaire interne.

Citons encore, parmi les auteurs anciens WILLIAMS (1896), HOPEWELL-SMITH (1918), THOMAS (1921), BOLK (1915) qui observent la vascularisation du germe dentaire. Mais le problème de l'étude topographique de la circulation sanguine ne vient se poser qu'au cours d'études plus générales. JORDAN (1921) écrit un article important sur la vascularisation de l'organe de l'émail et PRENANT en approuve les conclusions dans son ouvrage sur l'histologie de l'organe de l'émail. D'autre part, les recherches particulières de L. SERRES (1917), Ch. BENNEFANT et VALOIS (1914) s'occupent des variations de l'artère dentaire inférieure aux différents âges de la vie de l'homme.

Depuis la découverte, puis la mise au point des techniques radiographiques, angiographiques et microradiographiques des progrès considérables ont été accomplis dans l'étude du système circulatoire. Citons les travaux

d'OUVAROFF (1936) PERINT (1949) qui injectent des substances radio-opaques pour l'étude de la vascularisation des maxillaires, BOLING (1942) KAMER (de 1951 à 1960) travaillent sur les vaisseaux de la pulpe, TAYLOR (1950) sur ceux du périodonte, SCHUBACK et GOLDMAN (1937) SAUNDERS (de 1953 à 1965), BARCLAY (1951), KETTUNEN (1965), CERNAVSKIS et HUNTER (1965) KINDOVLA et MATTENA (1962) étudient le trajet de l'artère dentaire inférieure et ses prolongements.

D'autres chercheurs observent le système vasculaire en injectant dans celui-ci des substances colorées et en éclaircissant la pièce à étudier. Parmi les auteurs qui étudient la région mandibulaire, citons les travaux de COHEN (de 1955 à 1960), KELLER (1955), BERNICK (1955-1957), PROVENZA (1958), BOYER et NEPTUNE (1962)

Enfin, les techniques d'injections de résine autopolymérisantes dans les vaisseaux permettent, après corrosion de la trame organique, de reconstituer l'arbre vasculaire de la région considérée. Parmi les travaux relevant de cette technique, nous pouvons noter ceux de TEICHMAN (1952) et de Mr. le Professeur PANIGEL.

D'autre part, PARANT, ADDISON et APPLETON (1922), PALAZZI (1951), SHOUR et MASSER (1935-1941), ROBINSON et SERNAT (1956), W. JAMES (1955), BLACKWOOD (1965), BERKOVITZ (1967), étudient la vascularisation de la mandibule embryonnaire et du germe dentaire en évolution.

De très nombreux travaux ont été faits sur la vascularisation de la région mandibulaire, notamment par les auteurs anglo-saxons. Aussi, nous excusons-nous des omissions involontaires que pourrait présenter cette rapide énumération. Les expériences ont été pratiquées sur

différentes espèces de mammifères supérieurs (Primates, chiens, chats, rongeurs). Il est certain que la trajectoire des vaisseaux varie d'une espèce à l'autre. Aussi convient-il de ne pas s'attacher outre mesure aux données anatomiques propres à l'animal étudié. Les injections intravasculaires devant se pratiquer sur animal vivant ou à la rigueur fraîchement tué, il est difficile d'expérimenter sur des singes comme nous aurions aimé le faire, étant donné le prix et la rareté de ces animaux. Néanmoins, si nous considérons les études effectuées, notamment par les chercheurs américains qui bénéficient d'élevages de primates, nous pouvons estimer, que biologiquement parlant, l'apport sanguin se fait de manière similaire chez les mammifères supérieurs.

Pour notre part, nous avons tenté d'étudier l'approche vasculaire en regard de la mandibule et des dents. Notre expérimentation a été effectuée sur des mandibules de cobayes, ces animaux étant mis à notre disposition en quantité illimitée au laboratoire. Dans une première partie, nous nous sommes efforcés de mettre en évidence, par injection des vaisseaux, la vascularisation de l'os proprement dit, celle des dents et de l'attachement osseux dentaire.

Nous avons injecté dans les vaisseaux, après perfusion et lavage aussi complet que possible du sang de la tête de l'animal, soit des substances colorées, soit du matériel radio-opaque, soit des résines autopolymérisantes. Puis nous avons disséqué et éclairci les mandibules pour nous permettre d'observer, zone après zone, le trajet des vaisseaux. Ceci nous a permis de décrire l'irrigation de la région condylienne, de la branche montante et de l'angle de la mandibule, puis de la branche horizontale. Enfin, nous avons étudié la vascularisation au niveau de l'incisive et des molaires.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons tenté de suivre la mise en place de la vascularisation autour et dans le germe dentaire en voie de développement. Pour ce faire, nous avons pratiqué des coupes systematiques de mandibules de foetus de rat depuis le 14e jour de la vie intra-uterine lorsque la lame dentaire se différencie, puis, jour après jour, jusqu'au début de la minéralisation des dents (rat de 5 jours).

Nous avons utilisé les techniques classiques de fixation, d'inclusion et de coloration. Nous avons préféré le foetus de rat à celui de cobaye en raison de sa petite taille et de son développement rapide, ce qui nous a permis d'effectuer un grand nombre d'expériences. Nous avons ainsi pu observer aux différents stades de l'évolution du germe dentaire, l'approche vasculaire au fur et à mesure que les différenciations cellulaires et les processus de calcification se précisent.

Nous avons essayé de faire un travail d'ensemble, une étude topographique et descriptive qui constitue pour nous une première étape dans le domaine de la recherche. Nous n'avons pas cherché à tirer des conclusions d'ordre biochimique ou physiologique, notre formation actuelle nous semblant insuffisante pour le faire.

Le but de nos recherches a été d'élucider l'organisation morphologique vasculaire au niveau de la mandibule chez les rongeurs de laboratoire de façon à mettre en place un travail expérimental ultérieur sur l'anatomophysiologie des vaisseaux.

METHODES ET TECHNIQUES

Pour l'étude topographique du trajet des vaisseaux sanguins de la mandibule et des dents, nous avons pratiqué des injections intravasculaires de substances colorees et de résines antopolymerisantes. Nous avons pour cela utilisé des cobayes, animaux qui, comme nous l'avons signalé, étaient mis à notre disposition en quantité illimitée par le laboratoire.

Nos essais d'injection vasculaire sur le rat se sont avérés décevants et difficiles à effectuer en raison de la finesse des vaisseaux. Par contre, pour l'étude histologique des rapports de la vascularisation et de l'évolution du germe dentaire, nous avons préféré les mandibules de foetus de rat, la petite taille de ceux-ci facilitant grandement notre travail de fixation et d'inclusion.

TECHNIQUES D'INJECTIONS VASCULAIRES.

L'animal est préalablement anesthésié. Le CHLOROFORME est inutilisable, car il tue le cobaye en quelques minutes. On peut obtenir une anesthésie rapide en introduisant la tête de l'animal dans un cône en tissu plastifié avec

armure métallique au fond duquel on place un tampon imbibé d'ETHER.

Mais; l'anesthésie est de courte durée. Nous avons préféré l'anesthésie par injection intrapéritonéale d'URETHANE ou de NEMBUTAL.

L'injection est pratiquée sur la face ventrale de l'animal, l'aiguille dirigée de bas en haut, en traversant la paroi abdominale et en prenant garde à ne pas piquer trop haut pour ne pas léser le foie de l'animal. L'anesthésie obtenue en 5 - 10 minutes est excellente, profonde et durable.

Pour la dissection, l'animal est placé sur le dos sur une planchette, pattes écartées et tête maintenue en place par un élastique placé sous les incisives supérieures. On rase la région thoracique, puis on fait une incision médiane, verticale, partant de la partie moyenne du thorax et remontant vers la tête, longue de 3 à 4 cms. On degage la peau et les aponévroses superficielles. On découvre alors immédiatement dans les régions laterales du cou, à droite et à gauche, les veines jugulaires externes, bien visibles sur la surface musculaire. A l'aide de deux pinces fines, on degage tour à tour les deux veines sous lesquelles on met en place, dans les nouer, deux fils de ligature. Avec des ciseaux fins, on perfore les veines et on y introduit un catheter en polyéthylène semi-rigide de 5 à 7 mms de diamètre. On ligature les catheters pour les maintenir en place avec les fils que l'on avait glissé sous les jugulaires.

On recherche alors les carotides qui se trouvent de part et d'autre de la trachée artère. On les perfore et on introduit dans chacune d'elles une canule métallique de 5 mms de diamètre que l'on ligature comme pour les jugulaires.

Les deux canules sont alors reliées à un tube de verre en Y par des joints en caoutchouc, ce qui permettra de perfuser, puis d'injecter simultanément les deux carotides. On injecte immédiatement une solution d'Héparine à raison d' 1 mg d'Héparine pour 100 grs de poids de l'animal, pour éviter toute formation de caillots à l'intérieur des vaisseaux.

Il nous faut maintenant laver le sang de la tête de l'animal. Pour cela, nous utilisons une pompe à perfusion de Braun à débit contrôlé et régulier à laquelle nous avons adapté un manomètre pour nous assurer que la pression de la perfusion reste constante.

On place dans la seringue de la pompe du sérum physiologique ou, mieux, du sérum de Ringer, qui semble provoquer moins d'oedème. La seringue de la pompe est alors reliée par un tube en caoutchouc souple au tube en Y qui a été ajusté aux canules mises en place dans les carotides. La perfusion est poursuivie jusqu'à lavage aussi complet que possible du sang de la tête de l'animal, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'un liquide clair s'écoule par les jugulaires. Il faut environ 150 cc de sérum pour arriver à ce résultat.

La perfusion terminée, canules et cathéters sont laissés en place pour l'injection des vaisseaux.

Nous y avons injecté, soit des substances colorantes pour observer ensuite le trajet des vaisseaux dans la mandibule après l'avoir disséquée, decalcifiée et éclaircie, soit des résines antopolymérisantes en détruisant ensuite la trame organique et en conservant l'arbre vasculaire dans son ensemble.

Les substances colorantes que nous avons

utilisees sont l'ENCRE DE CHINE GELATINEE (préférable à l'encre de chine ordinaire qui se trouve éliminée lors des différentes opérations de préparation de la pièce osseuse) ou le CARMIN GELATINE.

- Préparation de l'encre de chine gélatinée: diluer 1 volume d'encre de chine dans 10 volumes d'eau distillée et filtrer sur papier. D'autre part, dissoudre 5 volumes de gélatine dans 10 cc d'eau distillée à 60° au bain marie et filtrer sur compresse. Mélanger avec la solution d'encre de chine. Ajouter 1 goutte d'amoniaque pour 100 cc de mélange. Conserver au frigidaire.
- Préparation du carmin gélatiné : écraser dans un mortier 2,5 cc de carmin et ajouter un peu d'eau pour obtenir une pâte. Ajouter goutte à goutte de l'amoniaque jusqu'à ce que la solution devienne transparente en contrôlant la transparence à la loupe binoculaire. Neutraliser la solution en ajoutant un mélange composé d'une partie d'acide acétique et de deux parties d'eau jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de vapeurs blanches en contrôlant la présence de vapeurs à la loupe. Faire dissoudre 5 feuilles de gelatine dans 10 cc d'eau à 60° au bain marie, filtrer sur compresse. Mélanger carmin et gélatine et conserver au frigidaire.

On injecte les colorants gélatinés dans les carotides après avoir tiédi au préalable la seringue d'injection et les colorants par l'intermédiaire du tube en Y qui a servi à la perfusion et qui a été laissé en place. On pousse l'injection jusqu'à coloration des yeux, de la langue, des gencives, des oreilles. On constate alors que le colorant s'é-

coule par les jugulaires. L'injection terminée, on ligature alors les principaux vaisseaux pour éviter la fuite du colorant. On sépare la tête du tronc, on enlève la peau et les téguments et on place la tête dans une solution de formol à 10 % au frigidaire pendant 24 h.

Les mandibules sont ensuite soigneusement disséquées et les deux hémi-mandibules séparées à la symphyse.

Pour nettoyer parfaitement la pièce osseuse, on peut utiliser les méthodes suivantes décrites dans "The rat in laboratory investigation" (E.J. Farnis et J.Q. Griffith - Hafner publishing Company - N.Y. 1962). Ces méthodes consistent à plonger la mandibule bien fixée dans des solutions qui dissolvent les tissus mous sans attaquer l'os.

- | | |
|--------------------------------|------|
| 1) Solution de Carbonate de Na | 45 % |
| savon en poudre | 30 % |
| Eau distillée | 25 % |

utiliser une solution d'autant plus chaude que l'animal est plus vieux.

- 2) mélanger Carbonate de Sodium : 150 grains
(1) dans 1/4 l. eau
Chlorure de chaux : 150 grains
dans 3/4 l. eau

Secouer 3/4 h et filtrer. Ajouter une quantité égale de Na OH à 15 %. Chauffer le mélange à 90° et y placer la pièce à nettoyer (méthode décrite par Green : "A rapid method of preparing clear bone specimens from fresh or fixed material" Anatomical

(1) Le grain correspond à 0,053 Gr.

records 61-1-3, 1934).

- 3) préparer une solution de Na OH ou de KOH à 3 % dans l'eau (utiliser une solution plus faible pour les très jeunes animaux). N'y placer que des pièces à nettoyer préalablement bien fixées au formol ou à l'alcool.

Les mandibules bien nettoyées devront maintenant être décalcifiées pour permettre par la suite un meilleur éclaircissement et une meilleure observation des vaisseaux. Une décalcification très poussée nous permettra de faire des coupes de l'os. Chimiquement, tous les agents décalcifiants possèdent une fonction acide qui dépose les sels de calcium unis à la substance collagène de l'os et les transforme en sels solubles. Il ne faut décalcifier que des pièces préalablement bien fixées. On doit changer fréquemment le liquide décalcifiant. Une bonne méthode consiste à suspendre l'objet par un fil fixé au bouchon du flacon.

Après décalcification, il faut neutraliser par action chimique ou lavage. On peut utiliser, comme agents décalcifiants :

- 1) l'acide formique en solution concentrée (25-33 %) après lequel on lave au formol, puis à l'eau.
- 2) l'acide trichloracétique en solution alcoolique de 5-10 %, puis lavage à l'alcool, ou en solution aqueuse et neutralisation au sulfate de sodium en solution aqueuse saturée.
- 3) L'acide nitrique pour une décalcification plus poussée. Il faut alors préalablement bien fixer la pièce, puis la deshydrater

dans l'alcool à 95° pendant 24 h. On la place ensuite dans l'acide nitrique à 7 % pendant une semaine, puis on lave à l'eau courante 24 h. et on neutralise dans une solution de sulfate de sodium à 5 % dans l'eau pour enlever toute trace d'acide.

Les mandibules vont être maintenant éclaircies pour l'observation du trajet coloré des vaisseaux. Nous avons utilisé la méthode dite de Spalteholz. Elle nécessite une très bonne déshydratation préalable. Nous proposons deux méthodes.

La première est décrite dans "the rat in laboratory investigation" : on deshydrate dans des bains successifs de 72 h. chacun d'alcool à 80°, 90°, 100°. On plonge ensuite la pièce dans un bain de benzol pendant 72 h., puis dans un mélange à parties égales de benzine et de salicylate de méthyle pendant 72 h. On met ensuite la pièce dans un bain de salicylate de méthyle pur jusqu'à éclaircissement convenable pendant une semaine environ et on conserve dans du salicylate de méthyle pur.

La deuxième méthode est utilisée dans le laboratoire de M. le Professeur PANIGEL. Elle nous a donné d'excellents résultats. La pièce étant fixée au formol, puis decalcifiée est éclaircie pendant 24 h. dans l'eau oxygenée, puis lavée à l'eau distillée. Elle est ensuite déshydratée dans un bain d'alcool à 95°, puis dans deux bains successifs d'alcool à 100° - 24 h. chaque bain. On la plonge ensuite dans un bain de benzène pendant 72 h., puis dans deux bains successifs de 72 h. chacun d'un mélange à parties égales de benzoate de benzyle et de salicylate de méthyle. On conserve dans un mélange à parties égales de benzoate de benzyle et de salicylate de méthyle.

Après diverses expériences, nous avons constaté que l'observation est difficile sur des mandibules ayant conservé toute leur épaisseur. Nous avons donc été amenés à meuler celles-ci, soit sur la face vestibulaire, soit sur la face linguale. Nous avons également fait des coupes transversales pour l'observation de la vascularisation de l'attachement osseux dentaire.

L'essai d'injection de solutions radio-opaques nous a donné des résultats en tous points comparables à ceux qui suivaient l'injection de substances colorantes. Nous n'avons donc pas multiplié l'expérimentation dans ce domaine.

Par contre, nous avons obtenu une reconstitution de l'arbre vasculaire cephalique en injectant dans les carotides et dans les jugulaires des solutions acétoniques de résines autopolymérisantes colorées. Cette méthode nous a été enseignée chez M. le Professeur PANIGEL. On utilise une solution de Rhodopas Ax de chez Rhône-Poulenc. On dissout la poudre blanche de Rhodopas dans l'acétone par agitation mécanique pendant plusieurs heures. On prépare ainsi des solutions à 5 %, 10 %, 20 % que l'on filtre ensuite et que l'on colore avec du rouge ou du bleu Lutétia ou Organol de chez Francolor.

Après avoir effectué une perfusion comme il a été décrit précédemment, on injecte de l'acétone pur dans les carotides et dans les jugulaires. Puis on injecte du Rhodopas rouge dans les artères et bleu dans les veines.

On pratique ces injections à concentration croissante, de manière à pénétrer les capillaires les plus fins. L'injection terminée, on ligature les principaux vaisseaux, on sé-

pare la tête du tronc et on met celle-ci dans l'eau au frigidaire pendant 24 h. , pour obtenir une polymérisation complète de la résine. On corrode ensuite les tissus organiques en plaçant la tête de l'animal dans une solution concentrée d'acide chlorhydrique pendant une semaine environ. Après lavage à l'eau courante, on conserve l'arbre vasculaire dans une solution de formol à 10 %. Nous avons également conservé des mandibules entourées de l'arbre vasculaire en résine en fixant la pièce dans du formol à 10 % pendant 48 h., puis en utilisant les méthodes décrites précédemment pour détacher les tissus mous.

Malheureusement, l'arbre vasculaire en Rhodopas est extrêmement fragile et les vaisseaux péri et intra-mandibulaires sont particulièrement fins. Il nous a été pratiquement impossible, au cours des manœuvres de corrosion, de conserver les vaisseaux de la pulpe et du périodonte et même les branches collatérales de l'artère dentaire inférieure. Cette méthode ne peut donc être utilisée que pour une observation très générale.

TECHNIQUES HISTOLOGIQUES.

Les techniques que nous avons utilisées sont extrêmement classiques. Nous ne nous y étendrons donc pas longuement.

Nous avons utilisé des foetus de rats et de jeunes rats de race albinos souche Wistar. Les foetus ont été prélevés à partir du 14^e jour de la gestation lorsque commence la différenciation de la lame dentaire. A ce stade, et jusqu'au 18^e jour de la vie intra-utérine, nous avons prélevé la tête entière. Ensuite, nous avons disséqué la mandibule qui est alors bien individualisée.

Nous nous sommes efforcés d'obtenir une fixation aussi parfaite que possible. Nous nous trouvons en effet en présence de pièces à examiner, contenant des tissus de dureté et de texture extrêmement différentes, certaines présentant un début de calcification (os, émail, dentine), d'autres, au contraire, extrêmement fragiles (organe de l'émail, odontoblastes et leurs prolongements). Il faut donc éviter toute précipitation du fixateur qui peut provoquer des dislocations tissulaires ou protoplasmiques.

Nous avons fixé, soit au Bouin, soit de préférence au fixateur de Flemming comme le conseille Prenant. Après lavage, nous avons inclus dans la parafine, selon la méthode classique de bains successifs, pour obtenir une bonne imprégnation. Aux stades que nous avons étudiés, il n'a pas été utile de decalcifier préalablement.

Après avoir effectué des coupes de 7,5,^u nous avons coloré par les méthodes trichromiques de Masson (Hematoxiline de Regaud - fuschine acide ou ponceau de xilidine et bleu d'aniline), de Prenant (Hematoxiline de Regaud - cosine - vert lumière) ou la variante de Prenant - Gabe (oxyhemateine ferrique - cosine - vert lumière).

Comme le souligne Prenant dans son étude histologique de l'émail, les résultats de la coloration sont parfois inconstants malgré toute la rigueur de technique à laquelle on s'estreint. Nous n'avons donc recherché qu'une étude topographique, sans essayer de rendre compte des phénomènes histo-chimiques ou du processus de calcification en regard de la vascularisation. Nous nous sommes, par contre,

efforcés de retrouver à différents stades et au même niveau l'approche vasculaire en regard du germe dentaire en évolution.

ETUDE ANATOMIQUE DE LA VASCULARISATION
DE LA MANDIBULE ET DES DENTS

Etant donné que notre expérimentation, en ce qui concerne l'observation topographique de la vascularisation de la mandibule et des dents a été faite sur le cobaye, nous ne nous attacherons pas outre mesure sur les données anatomiques propres à l'animal étudié, mais nous insisterons plutôt sur l'approche et sur la pénétration vasculaire en regard de l'os, des dents et du périodonte.

Sans reprendre l'historique complet de la question, notons qu'un certain nombre d'études ont déjà été faites sur la vascularisation de la mandibule chez les mammifères supérieurs : sur le rat par Huelke et Castelli, Kindovla et Mattena, sur le chat par Cohen et pas Castelli, sur les Primates par Saunders et sur l'homme par Castelli, pour n'en citer que quelques unes. Compte tenu des conformations particulières à chaque espèce étudiée, nous y trouvons des résultats généralement comparables aux nôtres. Néanmoins, nous avons rencontré certains points qui prêtent à discussion et que nous étudierons au fur et à mesure de notre travail.

VASCULARISATION DU CONDYLE ET DE L'APOPHYSE CORONOÏDE.

Une bonne injection, très poussée, est nécessaire pour permettre l'observation de cette région. Il est intéressant, en premier lieu, de noter une discontinuité entre la vascularisation du condyle et de l'apophyse coronoïde et celle du restant de la mandibule. L'artère dentaire inférieure n'émet aucune branche ascendante allant directement irriguer le condyle. Seules, quelques anastomoses peuvent être parfois observées entre les capillaires issus des rameaux ascendants de l'artère dentaire inférieure et les capillaires provenant du col du condyle. Mais la présence de ces anastomoses est inconstante.

Le cartilage articulaire proprement dit, nous est toujours apparu dépourvu de vascularisation. Mais il est entouré d'un fin réseau capillaire à sa périphérie.

Sur les parois latérales de la tête du condyle, dans la zone non recouverte de cartilage, pénètrent des vaisseaux provenant des artères qui irriguent les muscles et ligaments de la capsule articulaire et notamment du muscle ptérigoïdien moyen qui vient s'insérer sur le col du condyle. Ces vaisseaux se trouvent autour et dans les fibres d'insertion du muscle. Ils proviennent, soit directement de l'artère maxillaire interne qui vient passer le long de la face interne de la partie moyenne du col du condyle, soit du tronc tympano-méningé, soit accessoirement de l'artère temporale.

D'après SHAPIRO & ROGERS (1939), l'irrigation sanguine de l'articulation temporo-maxillaire serait originaire de l'artère temporale. Ces résultats sont confirmés par

BOYER, WILLIAMS et STEVENS (1964). C'est dans la région postérieure de la tête du condyle que se trouve la vascularisation la plus dense. Dans la région antérieure au niveau de l'insertion du muscle ptérigoïdien externe, les vaisseaux intra-musculaires pénètrent dans la tête condylienne où ils s'anastomosent avec les vaisseaux de la zone médullaire.

Ces vaisseaux traversent le périoste où ils se capillarisent. On observe, en outre, une artère plus importante qui décrit une sorte d'arc transversal parallèle au grand axe de la tête du condyle. De cet arc, partent, d'une part, des rameaux ascendants qui se capillarisent en direction de la surface articulaire formant dans la région médullaire de la tête condylienne un dense réseau vasculaire, d'autre part, des rameaux descendants qui irriguent le col du condyle. Ces vaisseaux sont généralement parallèles et anastomosés entre eux et ont une direction qui suit celle de l'axe vertical du col. Ils se capillarisent dans la région supérieure de la branche montante. C'est à ce niveau que nous avons observé, comme nous l'avons noté plus haut des anastomoses avec les capillaires issus de l'artère dentaire inférieure.

Le long des parois latérales du col du condyle, au niveau de l'insertion du ligament latéral de l'articulation, la pénétration vasculaire semble moins dense.

L'artère principale qui traverse la tête du condyle se dirige vers l'apophyse coronofide. Elle décrit une courbe en arrière, puis devient parallèle à l'axe du coroné. D'autre part, des capillaires issus des muscles environnants pénètrent directement à travers le

périoste du coroné et viennent s'anastomoser avec ceux issus de l'artériole provenant du condyle. L'apophyse coronôïde, qui est de dimensions réduites chez le cobaye, se trouve ainsi parcourue en tous sens par un réseau capillaire.

L'origine extra osseuse de la vascularisation de cette région semble être confirmée par les travaux de blackwood (1957, 1959, 1965) sur le cartilage condylien embryonnaire chez l'homme.

Nous savons que l'ossification de cette région est précédée de la formation d'une zone cartilagineuse, indépendante du cartilage de Meckel. L'ossification du condyle et du coroné se fait à partir de ce modèle cartilagineux, contrairement à ce qui se passe au niveau de la branche horizontale où l'ossification dérive directement du conjonctif. Blackwood observe à la périphérie de ce cartilage, et particulièrement dans les zones latérales et postérieures de celui-ci la présence de canaux par lesquels pénètrent des capillaires. Ces canaux, avec les vaisseaux qu'ils contiennent sont primitivement ouverts vers l'extérieur puis se trouvent peu à peu englobés dans la masse cartilagineuse. Au cours de l'ossification, ces canaux disparaissent et les vaisseaux se trouvent inclus dans le corps de l'os.

Il est remarquable de constater que la branche montante s'accroît dans les régions postérieures et latérales, là où Blackwood observe les canaux vasculaires en plus grand nombre. Néanmoins, cet accroissement se fait jusqu'à la fin de l'adolescence, alors que Blackwood note la disparition des canaux dès la fin de la première année. Il est vraisem-

blable que l'apport nutritif se fait alors par la zone médullaire du condyle.

De même les études de V.M. OUVAROFF (1936) sur les variations de l'artère dentaire inférieure, aux différents âges de la vie de l'homme, font état des sources extérieures d'apport sanguin pour certaines zones du maxillaire inférieur (condyle, apophyse, coronoïde et angle mandibulaire) ; mais ses recherches sont limitées et ne se préoccupent pas d'examiner les voies collatérales d'apport vasculaire à la mandibule et aux dents ni de leurs anastomoses avec l'artère dentaire inférieure.

De même SKOPAKOFF, dans l'équipe du Professeur DAVIDOFF (1956) au cours d'expériences sur l'interception de l'artère dentaire inférieure unilatérale chez le chien, montre qu'il existe des voies collatérales d'apport sanguin à la mandibule qui compense, au niveau de l'os et même de la pulpe des dents, la circulation principale manquante.

VASCULARISATION DE LA BRANCHE MONTANTE ET DE L'ANGLE DE LA MANDIBULE.

La vascularisation à ce niveau est caractérisée par la pénétration dans l'os de l'artère dentaire inférieure. Celle-ci est issue du bord inférieur de l'artère maxillaire interne. Elle apparaît à la face interne de la partie inférieure du col du condyle. Elle descend obliquement le long du muscle ptérigoïdien moyen. Juste avant sa pénétration dans le canal mandibulaire, elle émet 2 ou 3 rameaux ascendants qui pénètrent dans le corps de la branche montante où ils se capillarisent et forment un fin réseau dans la zone d'os réticulé. Ces capillaires se dirigent vers le condyle, mais sans atteindre celui-

ci, comme nous l'avons décrit plus haut.

Avant de pénétrer dans le canal mandibulaire, l'artère dentaire donne généralement naissance en outre à un petit rameau qui irrigue la région postérieure du muscle mylo-hyoïdien.

Le canal mandibulaire débute par un foramen, dont l'ouverture à concavité supérieure, se trouve à la face interne de la branche montante, au niveau du premier tiers supérieur. Dès sa formation, le canal décrit une courbe dans la région retro-molaire. C'est à ce niveau que se détachent d'une part, les vaisseaux qui irriguent la dernière molaire, d'autre part, ceux qui se dirigent vers l'angle de la mandibule.

Chez le cobaye, la région angulaire est constituée par une mince lame osseuse oblongue. On y trouve deux zones de vascularisation bien distinctes l'une de l'autre. Dans la zone centrale de cette lame, formé d'os réticulé peu dense, on note un fin réseau de capillaires qui peut revêtir deux aspects :

Soit l'aspect d'un filet étale sur toute la surface de la lame, soit des faisceaux de capillaires disposés parallèlement à l'axe général de l'angle de la mandibule. Dans l'un ou l'autre cas, ces capillaires sont issus de l'artère dentaire inférieure.

Par contre, la région corticale et basale de l'angle est constituée d'os dense et compact et forme une sorte de rebord épaissi. Elle est irriguée à travers le périoste par des capillaires issus des vaisseaux des insertions musculaires qui se trouvent à ce niveau.

Ainsi donc, on peut observer tout le long de la bordure extrême de l'angle et limité à la région marginale un réseau vasculaire, particulièrement dense qui entoure toute cette portion de la mandibule. Néanmoins, ce réseau est anastomose avec celui de la partie centrale de l'angle.

VASCULARISATION DE LA BRANCHE HORIZONTALE.

Nous étudierons, en premier lieu, la vascularisation de la portion osseuse, puis celle des dents et du périodonte.

Nous avons vu que le canal dentaire forme une courbe en arrière de la dernière molaire et qu'à ce niveau, l'artère dentaire émet immédiatement deux ou trois rameaux qui se dirigent vers cette dent.

Le canal dentaire prend alors une direction qui suit l'axe longitudinal de la branche horizontale. Il se trouve plus près de la face linguale de la mandibule que de sa face vestibulaire et passe entre les racines des molaires et le bord supérieur de l'incisive. Dans sa portion intra-canaliculaire, l'artère dentaire inférieure court le long du bord supérieur du canal mandibulaire.

Dans le canal, l'artère se divise rapidement en deux branches : la branche inférieure de diamètre généralement plus important qui se courbe en bas et en arrière au niveau de l'apex de l'incisive où elle se ramifie rapidement pour donner les vaisseaux pulpaire et périodontiques de cette dent comme nous le verrons plus loin. La branche supérieure, plus fine, continue dans le prolongement du tronc principal. Elle poursuit sa course dans le canal où elle émet en regard

des apex des molaires des ramifications ascendantes en direction des dents et de l'os alvéolaire. D'autre part, des vaisseaux à direction descendante se dirigent vers l'os basal.

L'os alveolaire est constitué d'os réticulé, mince peu dense. Il est richement vascularisé par un fin réseau capillaire qui le parcourt en tous sens. Il reçoit également un complément de vascularisation par des capillaires issus des vaisseaux gingivaux qui viennent s'anastomoser avec ceux issus de l'artère dentaire inférieure. Le plexus ainsi formé joue un rôle important dans la vascularisation de l'attachement osseux dentaire, car nous verrons qu'il est en rapport étroit avec la vascularisation du périodonte des molaires.

Dans la partie moyenne de la branche horizontale, c'est-à-dire autour de la portion intra-osseuse de l'incisive, entre l'os alvéolaire proprement dit et l'os basal, la vascularisation est assurée par des ramifications de l'artère dentaire. Ces ramifications sont également anastomosées avec les capillaires du périodonte de l'incisive, mais il semble que l'imbrication soit moins dense qu'au niveau des molaires et de la zone vasculaire du manchon périodontique de l'incisive garde une certaine indépendance vis à vis de la vascularisation osseuse proprement dite.

La région basale et le bord inférieur de la mandibule sont constitués d'os dense et compact. Dans cette région, l'apport sanguin est assuré d'une part, par des vaisseaux issus de l'artère dentaire inférieure qui se dirigent vers la base de l'os, d'autre part, par des capillaires qui pénètrent à travers

le périoste et qui proviennent des muscles qui viennent s'insérer sur la mandibule à ce niveau. Il faut noter qu'au lieu même de l'insertion des muscles et des tendons, le périoste est profondément attaché à l'os. Cet attachement est dû à la prolongation des fibres collagènes des insertions qui traversent le périoste et se continuent jusqu'aux fibres de Sharpey de l'os. A ce niveau, les capillaires pénètrent dans l'os en grand nombre. Mais quand l'attache du périoste est plus lâche du fait que les fibres collagènes sont plus fines et moins nombreuses, les vaisseaux qui pénètrent alors dans l'os sont en nombre réduit et de plus petit diamètre.

Tout au long de la branche horizontale, le bord inférieur de la mandibule nous a toujours apparu avoir une vascularisation plus dense que la zone qui se trouve entre cette zone marginale et le bord inférieur de l'incisive.

Au niveau du trou mentonnier, à la face externe de la branche horizontale, l'artère dentaire inférieure se termine en donnant d'une part une branche qui quitte la mandibule pour aller irriguer les tissus mous, d'autre part, une branche qui continue à l'intérieur de l'os; s'y capillarise et va s'anastomoser avec les vaisseaux du tiers antérieur du périodonte de l'incisive.

Chez le cobaye, les deux incisives apparaissent dans la cavité buccale de part et d'autre de la symphyse. La vascularisation de l'os alvéolaire à ce niveau, se trouve, comme au niveau des molaires, largement anastomosée avec celle des vaisseaux gingivaux et du périodonte de l'incisive. D'autre part, les capillaires terminaux de l'artère dentaire sont anastomosés avec les capillaires périostiques, provenant des muscles de la région mentonnière.

Les rapports que nous avons constatés entre l'artère dentaire inférieure intra-osseuse et le réseau collatéral issu des tissus mous environnants, revêt une importance particulière au cas où l'artère viendrait à être lésée par traumatisme, intervention chirurgicale ou processus pathologique.

VASCULARISATION DE L'INCISIVE DE COBAYE.

Cette dent caractéristique des rongeurs est une dent à croissance continue, à l'apex largement ouvert sans racine nettement individualisée par rapport à la couronne. Sa portion intra-osseuse s'étend sous les racines des molaires dont elle est séparée par le canal mandibulaire.

Classiquement, sa vascularisation est assurée par une branche qui se détache du bord inférieur de l'artère dentaire. Mais nous avons observé un vaisseau oblique, plus large que cette dernière qui apparaît à la face linguale de la branche horizontale de la mandibule où il semble se terminer brusquement. Cette observation est confirmée par les travaux de Cernavkis et Hunter. Ces auteurs qui en ont étudié le trajet à travers les tissus mous la décrivent comme une branche de l'artère faciale. D'après eux, elle serait seule à assurer la vascularisation de la pulpe et du périodonte de l'incisive. Cette artère donnerait également naissance à des branches descendantes se dirigeant vers le bord inférieur de la branche horizontale. Pour notre part, il nous est difficile d'infirmer ou de confirmer cette opinion, car nous n'avons pas retrouvé ce vaisseau sur toutes les mandibules observées.

On voit penetrer dans l'apex de l'incisive un assez grand nombre de vaisseaux (8 à 10) rectilignes, parallèles qui courent tout au long de la chambre pulpaire. Leur diamètre diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche du fond de celle-ci. Il est à son maximum dans le tiers posterieur de la dent. Ces vaisseaux sont faiblement anastomosés entre eux. Ils n'atteignent pas tous le plafond de la chambre pulpaire. Certains se capillarisent le long des parois du canal avant d'avoir achevé leur course ou se terminent en s'anastomosant avec un vaisseau voisin. Au niveau du plafond de la chambre, on peut en apercevoir encore deux ou trois. La capillarisation se fait essentiellement le long des parois de la chambre pulpaire et au fond de celle-ci. Le centre est par contre relativement libre de capillaire. Au niveau de la bordure odontoblastique, là où la capillarisation est la plus dense, on peut observer quelques vaisseaux qui s'insinuent entre les odontoblastes et arrivent au contact immediat de la predentine. Nous retrouverons un aspect similaire au niveau des cornes cuspidiennes de germes de molaires en voie de minéralisation. N'oublions pas que l'incisive de cobaye est une dent à croissance permanente et où par consequent l'activité dentinogenitique gardera sa potentialité constante.

La vascularisation du périodonte de l'incisive se présente comme un manchon de capillaires tres dense qui entoure toute la portion intra-osseuse de la dent. Nous avons vu, qu'au niveau de l'apex, un certain nombre de ramifications pénètrent dans la pulpe. A la périphérie de l'apex, d'autres ramifications viennent entourer celui-ci et forment par leurs anastomoses un double réseau longitudinal et transversal. Dans le tiers posterieur de la dent qui se trouve sous les racines des

molaires, la vascularisation du périodonte est en relation constante tant avec l'os alvéolaire qui se trouve au-dessus qu'avec l'os basal. Dans le tiers moyen de la dent par contre, la vascularisation périodontique semble indépendante de celle de l'os avoisinant. En se rapprochant de la portion inférieure de la dent, nous retrouvons l'os alvéolaire où les circulations sanguine, osseuse, gingivale et périodontique sont en relation constante.

VASCULARISATION DE LA MOLAIRE DE COBAYE.

L'étude de la vascularisation de la molaire de cobaye nous paraît particulièrement intéressante car c'est une dent biologiquement comparable à celle de l'homme. L'irrigation sanguine de la pulpe et du périodonte en est très riche. Elle a fait l'objet de nombreuses recherches, tant sur le rat que sur le cobaye. Les auteurs sont généralement d'accord en ce qui concerne la pulpe sur la capillarisation au niveau de la périphérie de la chambre pulpaire et pour décrire le réseau sanguin qui se trouve sous la couche odontoblastique. Mais les opinions divergent sur le degré d'arborisation, la forme et la densité des capillaires. Au niveau du périodonte, deux problèmes se posent : La distribution anatomique et la signification des formations vasculaires au niveau de la membrane périodontique elle-même. Les rapports entre la capillarisation et les odontoblastes, ont été mises en évidence par les études de KRAMER (1951) sur dents humaines extraites et sur différentes espèces de mammifères, reptiles, amphibiens et poissons par WARWICK JAMES (1955)

Les vaisseaux pulpaires sont originaires de l'artère dentaire inférieure. On peut ob-

server au niveau de l'apex deux à trois vaisseaux qui y pénètrent. D'autre part, à différents niveaux de l'alvéole, certains vaisseaux peuvent pénétrer à travers la racine au niveau du tiers inférieur de celle-ci par des foramen periapicaux et rejoindre le canal radiculaire après avoir remonte dans l'os, le long de la dent.

Certains de ces vaisseaux qui irriguent la pulpe radiculaire se capillarisent le long des parois du canal. Les vaisseaux centraux atteignent la chambre pulpaire. Les vaisseaux afférents provenant des différentes racines, s'anastomosent alors en arcade au niveau du plancher de la chambre pulpaire. C'est de cette arcade que partent les capillaires qui s'épanouissent dans la chambre pulpaire où ils assurent la vascularisation de la pulpe coronaire. Dans la partie centrale de la pulpe où le conjonctif est très dense, il est parfois difficile d'individualiser les vaisseaux.

L'arborisation est la plus dense au niveau du plafond de la chambre où le réseau capillaire se trouve en contact direct avec la couche odontoblastique. Par contre, le centre de la pulpe présente une capillarisation moins dense. Le diamètre des artères varie selon la région considérée : tout au long du canal radiculaire il a tendance à croître au fur et à mesure que l'on se rapproche de la pulpe. Par contre, dans celle-ci, il décroît rapidement au fur et à mesure que se fait la capillarisation. Les artérioles ont tendance à bifurquer à angle droit. Elles peuvent être de diamètre plus important que le vaisseau dont elles sont issues. Tous ces vaisseaux ont un diamètre inférieur à 100 μ . La couche interne est formée d'un endothélium unistratifié. L'épaisseur de la média excède rarement plus de trois couches de cellules. L'ad-

ventine paraît inexistante et se confond avec les cellules des tissus voisins. Elle est mal définie et semble manquer dans les plus petits vaisseaux.

Les capillaires proprement dits sont de minces vaisseaux dont la paroi est composée d'un simple endothélium.

Parfois, on note des vaisseaux qui se détachent de l'artériole ou de la metarteriole. Ils sont en tous points comparables aux autres capillaires, mais à l'attachement avec le vaisseau principal, on peut observer deux ou trois fibres musculaires. Ces vaisseaux correspondraient aux pré-capillaires avec leur sphincter décrits par CHAMBERS et ZWEIFACH.

Les veinules sont caractérisées par une plus grande lumière et la relative finesse de leur paroi. La tunica intima est formée d'un endothélium unicellulaire, la média contient rarement plus d'une fibre musculaire, l'adventine, comme pour les artères, se confond avec le tissu pulpaire traversé par la veinule.

Au niveau de l'apex le drainage veineux de la dent est anastomosé avec le drainage veineux du périodonte.

Le réseau capillaire de la pulpe étant formé de figures histologiques différentes, on peut se demander s'il y a là une signification physiologique particulière. Le contrôle de la vasomotricité s'étend-il aux capillaires ou est-il limité aux plus larges vaisseaux? Les nerfs sont en association intime avec les artères et les veines. Le rôle dans la vasomotricité de ces dernières ne fait pas de doute. La présence de fibres musculaires au niveau de certains capillaires tendrait à prouver qu'ils jouent un rôle actif dans la circu-

lation pulpaire. Nous n'avons pas approfondi ce point qui mériterait une étude particulière.

Par nécrose thérapeutique, ou agression pathologique, l'attaque puis la destruction de la pulpe est le résultat d'une hyperthermie active, puis transsudation de plasma à travers la paroi des vaisseaux. Le plasma exerce alors une pression externe sur les vaisseaux et réduit leur calibre. L'arrêt de la circulation qui en résulte aboutit à la nécrose pulpaire. Il est possible que l'oblitération des vaisseaux ne soit pas uniquement due à la pression exercée par le plasma, mais à une compression des fibres musculaires du système capillaire.

Nous allons maintenant étudier ce qui se passe au niveau du périodonte. La vascularisation y est riche et complexe. Jesenky en 1905, nous décrit un réseau entourant la racine et se trouvant dans la membrane périodontique proprement dite. De ce réseau partent des capillaires qui pénètrent dans le rebord de l'os alvéolaire où ils s'anastomosent avec les vaisseaux gingivaux. Boel, sur le chien, recherchant les rapports entre la vascularisation externe et les ligaments périodontiques proprement dits, constate que les vaisseaux pénètrent dans le périodonte au niveau de l'apex s'y capillarisent. Les vaisseaux passent entre les ligaments axiaux. La capillarisation est la plus dense à la partie moyenne de l'alvéole et surtout au niveau de l'attachement gingival. Hayashi, sur l'homme et Kindovla et Mattena sur le rat, arrivent à des conclusions similaires.

Au niveau de l'attachement osseux dentaire, nous avons observé d'une part des vaisseaux issus des ramifications de l'artère dentaire

inférieure qui s'individualisent au niveau de l'apex et remontent le long des parois de la racine.

D'autre part, des artères perforant l'os alvéolaire et issues de vaisseaux gingivaux et à un degré moindre de l'artère dentaire inférieure, viennent irriguer le mur alvéolaire. A ce niveau, le bord de l'alvéole et la membrane périodontique ont une circulation commune : Les vaisseaux de la membrane périodontique proviennent de ces artères dont nous venons de parler qui perforent l'os alvéolaire. Au niveau de la crête alvéolaire, ces vaisseaux axiaux se rejoignent et forment un anneau circulaire qui entoure chaque dent. La zone marginale du périodonte est ainsi vascularisée par une sorte de filet qui recouvre la crête alvéolaire. Ce réseau ne fait pas partie de la circulation proprement gingivale. La nutrition de la gencive est assurée par des artères distinctes qui se trouvent à l'extérieur de l'os alvéolaire et qui se réunissent le long du bord gingival où elles se résolvent en un fin réseau capillaire d'où le sang est drainé principalement par les veines gingivales et accessoirement mais pour une plus faible part par les capillaires, puis par les veines du périodonte.

Le drainage veineux du périodonte se fait, dans le tiers supérieur par le drainage veineux gingival, à la partie moyenne à travers l'os alvéolaire et dans le tiers inférieur de la dent, les veinules descendent le long de l'apex et se regroupent au-delà de celui-ci; où elles s'anastomosent avec le drainage veineux de la pulpe.

On peut se demander quelle est la fonction de l'anneau vasculaire composé de capillaires de diamètre relativement important qui entou-

re le collet de la dent. Leur apport nutritif n'est pas seul en cause et il est possible qu'ils jouent un rôle au cours de la pression masticatoire, protégeant, en servant en quelque sorte d'amortisseurs, les vaisseaux du périodonte proprement dit. Les vaisseaux axiaux sont eux partiellement englobés dans l'os alvéolaire ce qui les protège. Quant aux vaisseaux verticaux qui courent le long de la racine entre les fibres ligamentaires, ils risquent moins d'être écrasés par la contraction des ligaments que les vaisseaux horizontaux.

Par contre, les veines de la membrane périodontique sont moins bien protégées de cette pression masticatoire. On peut concevoir que sous l'effet de la pression, le plexus veineux se vide d'où stimulation de la circulation sanguine, au moment de la mastication.

Photo n° 1

Vue générale de la vascularisation de la mandibule de cobaye.

Photo n° 2

Agrandissement au niveau du condyle.
On peut noter la pénétration vasculaire à la face postérieure du col et de la tête condylienne.

Photo n° 3

Agrandissement de l'angle mandibulaire
On observe les deux zones de vascularisation : celle de la lame osseuse et celle du rebord basilaire.

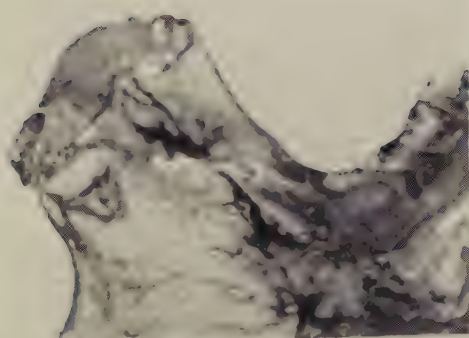
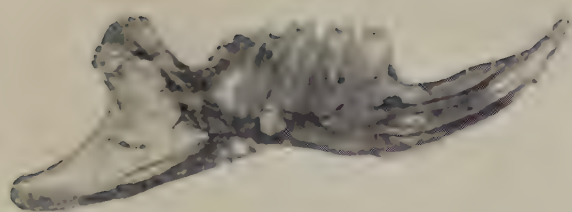
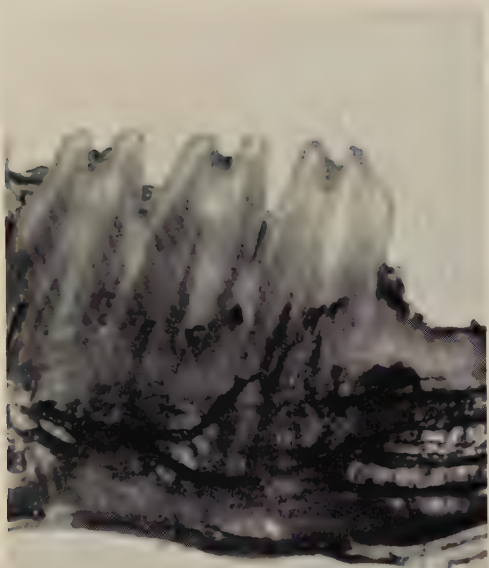


Photo n° 4

Vascularisation de la branche horizontale au niveau des molaires

Photo n° 5

Agrandissement au niveau de l'incisive.
On distingue les vaisseaux axiaux et longitudinaux du manchon vasculaire au niveau du périodonte.



ORGANISATION VASCULAIRE EN REGARD DE

L'EVOLUTION DU GERME DENTAIRE

Comme l'a souligné DALCQ, les ébauches dentaires s'étagent le long des coulées ecto-mésenchymateuses qui se trouvent dans le voisinage immédiat de l'axe vasculaire. L'évolution de la lame dentaire se trouverait place sous l'induction de ces coulées cellulaires qui subissent elles-mêmes l'influence du mésenchyme vrai. Il est certain que différents éléments chimiques agissent sur la morphogénèse dentaire (ARN, glycogène, muco-polysaccharides, phosphatases alcalines). Mais il est hors de notre propos de les étudier ici. Notons toutefois, que l'arbre cardio-vasculaire joue le rôle d'un véritable axe trophique autour duquel le mésoderme va s'accroître et se différencier. Il nous a donc paru intéressant de décrire les modifications du trajet vasculaire telles que nous les avons observées au cours des différents stades de l'évolution du germe dentaire.

Le système vasculaire embryonnaire de la région mandibulaire se différencie très tôt à partir des II^e et III^e arcs aortiques qui se forment le long des arcs branchiaux. A droite et à gauche, les aortes ascendantes qui partent du bulbe artériel du cœur remontent en direction de la région céphalique,

passent derrière les parois latérales du pharynx, puis s'infléchissent le long du premier arc branchial (aorte descendante). Il se forme ainsi le long des 6 arcs branchiaux une série d'anastomoses entre les aortes ascendantes et descendantes ou ARCS AORTIQUES. Le premier de ces arcs disparaît sans donner de vaisseaux importants. Le deuxième arc disparaît sauf dans sa partie dorsale qui va donner l'ARTERE STAPÉDIENNE, artère embryonnaire qui passe à travers l'ébauche cartilagineuse de l'étrier et va se diviser en deux troncs :

- Le tronc supérieur qui donnera l'artère méningée moyenne.
- Le tronc inférieur qui se subdivise lui-même en trois branches : la branche supérieure qui irrigue le septum nasal et l'orbite, la branche moyenne qui irrigue le massif facial supérieur, la branche inférieure ou mandibulaire. Cette dernière s'individualise précocement et assure la vascularisation du bourgeon mandibulaire au stade mésenchymateux, puis accompagnera le cartilage de Meckel, lors de la formation de celui-ci jusque dans sa portion antérieure.

La CAROTIDE INTERNE qui irriguera le cerveau est formée par le troisième arc aortique.

La portion d'aorte ascendante située entre les 2^e et 3^e arcs aortiques donnera la CAROTIDE EXTERNE. Cette dernière ne joue aucun rôle facial au début, mais bientôt, elle va s'anastomoser avec l'artère stapédienne et plus particulièrement avec le tronc inférieur de celle-ci. Cette anastomose donnera l'ARTERE MAXILLAIRE INTERNE, de diamètre important, dont les collatérales se différencient peu à peu. L'artère stapédienne s'atrophie, puis disparaît.

D'autre part, vers le 13^e jour de la vie intra-utérine chez le rat s'individualise, dans la cavité buccale primitive, à partir de l'épithélium qui recouvre les bourgeons maxillaires supérieurs et inférieurs, la lame dentaire qui s'invagine dans le conjonctif sous-jacent. A partir de cette lame dentaire, vont évoluer les germes dentaires.

Si nous considérons ce qui se passe au niveau de la région mandibulaire la masse mésenchymateuse est richement vascularisée par des capillaires issus de branches provenant de l'artère dentaire inférieure. A ce stade précoce, les capillaires n'atteignent pas l'épithélium mais restent concentrés dans la partie profonde du mésoderme. L'ossification de la mandibule commence vers le 18^e jour à partir d'un premier noyau osseux situé dans la région du futur trou mentonnier, à la face externe du cartilage de Meckel, mais sans être accolé à ce dernier. Lorsque les travées osseuses commencent à s'étendre, elles englobent le plexus vasculaire dont nous venons de parler.

Lors de la formation des bourgeons dentaires des ramifications capillaires apparaissent dans le module conjonctif sous-jacent, à ces bourgeons. Au cours de la 2^e semaine, on note en outre la présence de nouveaux vaisseaux provenant des artères coronaires des lèvres et qui se dirigent vers la papille conjonctive. Chaque ébauche dentaire reçoit ainsi une branche artérielle provenant de l'artère dentaire inférieure et une branche provenant de l'artère coronaire.

Le tissu épithélial ne possède aucune vascularisation propre. Vers le vingtième jour, les vaisseaux, en se ramifiant, finissent par entourer complètement l'ébauche dentaire. Les

uns, centraux, pénètrent dans la papille mésodermique (futurs vaisseaux pulpaire), les autres, périphériques sont disposés autour et dans le sac folliculaire (futurs vaisseaux paradentaires).

La circulation complémentaire issue des artères coronaires labiales contribue plus particulièrement à l'irrigation du sac folliculaire, constituant ainsi une circulation gingivo-folliculaire.

A partir de ces données générales, nous allons étudier l'organisation vasculaire autour du germe dentaire. En effet, en même temps que des différenciations cellulaires importantes apparaissent, nous voyons l'approche des vaisseaux se modifier autour et dans l'ébauche dentaire. Pour ce faire, nous allons tenter d'étudier systématiquement, sur des mandibules de fœtus de rat, les processus en présence en notant pour chaque étape de l'évolution du germe, les modifications vasculaires qui se présentent.

Nous avons déjà dit les raisons qui nous avaient fait choisir le rat comme matériel animal : petite taille d'où facilite d'inclusion, de coupe et de coloration, et développement rapide donc possibilité de pratiquer un grand nombre d'expériences.

Certes, les différences anatomiques avec l'homme sont évidentes, mais nous pensons pour notre part pouvoir faire des comparaisons d'ordre biologique. Certains résultats que nous donnons viennent confirmer des travaux antérieurs, d'autres peuvent prêter à discussion. Mais, nous n'avons trouvé que très peu d'études se rapportant à l'observation de la vascularisation du germe dentaire chez l'homme et cela s'explique aisément par la difficulté de

se procurer des embryons humains, particulièrement à l'âge où la minéralisation du germe dentaire est en train de s'accomplir, c'est-à-dire vers 6 mois.

Au contraire, en utilisant un matériel à reproduction rapide comme le rat, il nous a été possible de suivre, jour après jour, au cours de la gestation, à partir de la différenciation de la lame dentaire, l'évolution du germe étape par étape et de noter pour chaque stade la situation de la vascularisation.

Nous allons tracer un rapide tableau chronologique de l'évolution du germe dentaire chez le rat.

Foetus de 13 jours.

différenciation de la lame dentaire au niveau de l'incisive
épaississement de l'épithélium stomodéal au niveau de la première molaire.

Foetus de 18-19 jours.

différenciation des adamantoblastes au niveau de l'incisive et début d'organisation préodontoblastique
formation de la cupule dentaire au niveau de la première molaire
épaississement de l'épithélium stomodéal au niveau de la 2e molaire.

Foetus de 20-21 jours.

différenciation des odontoblastes et début de dentinogénèse au niveau de l'incisive.
formation de la cloche dentaire au niveau de la première molaire et formation de la cupule, au niveau de la 2e molaire.
différenciation de la lame dentaire au niveau de la 3e molaire.

RAT nouveau-né

Début d'adamantogénèse au niveau de l'incisive
début de dentinogénèse et différenciation des
adamantoblastes au niveau de la 1ère molaire
formation de la cloche dentaire au niveau de
la 2e molaire.

RAT de 2 jours

Début de minéralisation au niveau de l'incisive
et de la 1ère molaire.

début de dentinogenese au niveau de la 2e molaire

formation de la cloche dentaire au niveau de
la 3e molaire.

Pour éviter les redites - car les résultats
se révèlent similaires aux mêmes stades d'évolution
des différentes dents - nous allons
étudier successivement les différents stades,
soit :

1er stade : de l'épaississement de l'épithélium
stomodéal (mur saillant,
mur plongeant) à la formation du
bourgeon dentaire.

2e stade : De la formation de la cloche dentaire
à la différenciation des odontoblastes dans la papille
mésodermique.

3e stade : Le début de la dentinogénèse et la
différenciation des adamantoblastes.

4e stade : Secrétion d'email et début de minéralisation
du germe.

5e stade : Période pré-éruptive.

Il est évident que la distinction entre ces
différents stades est toute arbitraire et qu'il

le ne représente pour nous qu'une commodité de travail.

1er stade : de l'épaississement de l'épithélium stomodeal au bourgeon dentaire.

foetus de 14 jours, observation au niveau de l'incisive

foetus de 15 jours, observation au niveau de la 1ère molaire.

foetus de 18 jours, observation au niveau de la 2e molaire.

Chez les foetus de 14 et 15 jours, au moment de l'épaississement épithélial qui bombe dans la cavité buccale, puis s'enfonce dans le conjonctif sous-jacent (mur saillant, mur plongeant), la mandibule se présente comme une masse mésenchymateuse non encore ossifiée. Dans la partie profonde de cette masse, on note une vascularisation composée de vaisseaux de diamètre relativement important et assez peu nombreux. La capillarisation apparaît en même temps que se forment les travées osseuses sans qu'il nous ait été possible de distinguer ce qui se différencie en premier lieu. Les premières lamelles osseuses semblent se former autour des capillaires et englobent ceux-ci (PHOTO I).

Par contre, dans les tous premiers stades de la formation du bourgeon dentaire, la capillarisation est peu différenciée dans le tissu conjonctif immédiatement sous-jacent à l'épaississement épithélial. Ce conjonctif ne présente pas de modifications au début, mais bientôt on note une multiplication cellulaire très active face au mur plongeant. A ce moment, on constate la présence de capillaires encore peu nombreux. Cet aspect évolue lorsque du mur plongeant va s'individualiser le bour-

geon dentaire : en même temps que le nodule conjonctif se développe sous l'enfoncement épithélial on observe une condensation vasculaire autour et dans ce nodule, signe d'une intense activité métabolique à ce niveau (PHOTO II).

Il n'y a jusqu'alors aucun apport vasculaire dans le voisinage immédiat de l'épithélium buccal ni dans celui du bourgeon proprement dit.

Nous pouvons observer l'évolution du bourgeon sur les microphotos III et IV.

2e stade : De la formation de la cloche dentaire à la différenciation des odontoblastes dans la papille mésodermique.

Foetus de 19 jours,	observation au niveau de la 1ère molaire.
Rat nouveau-né	observation au niveau de la 2e molaire.
Rat de 2 jours	observation au niveau de la 3e molaire.

Le bourgeon dentaire va évoluer en cloche dentaire classique coiffant la papille conjonctive. Le germe ainsi constitué se trouve isolé au sein de la mandibule en formation par un sac folliculaire conjonctif. Il reste relié à l'épithélium buccal par la lame dentaire qui s'atrophie peu à peu et finit par disparaître.

Ce sac folliculaire est constitué de tissu conjonctif banal composé essentiellement de fibroblastes. Il est vascularisé à la fois par des capillaires issus de branches de l'artère dentaire inférieure et par des ramifications de vaisseaux gingivaux. Une partie de

ce réseau capillaire se trouve au voisinage immédiat de l'épithélium adamantin externe (PHOTO V) complétant ainsi la nutrition de l'organe de l'émail. Les travées osseuses de l'alvéole en voie de développement englobent une vascularisation dense anastomosée avec celle du sac folliculaire.

La cloche dentaire proprement dite ou organe de l'émail reçoit son apport nutritif principalement de la papille conjonctive sous-jacente. Le problème de la vascularisation de l'organe de l'émail a prêté et prêté encore à discussion. Orban (1957) nous donne la description suivante :

"La vascularisation des tissus qui entourent l'organe de l'émail est en rapports étroits avec l'épithélium externe. Les capillaires sont nombreux dans cette zone et dépriment cet épithélium externe. Immédiatement avant que l'amélogénèse ne commence, des capillaires peuvent envahir le reticulum étoilé."

Des auteurs anciens tels que Williams (1895) Hopewellsmith (1918), Royer et Thomas (1921) attribuent des capillaires sanguins à l'organe de l'émail. Mais Skillen (1921) et Jordan (1921) pensent que l'on a pris pour des capillaires des amas de globules rouges extravasculaires. D'après Noyes l'épithélium externe pourrait se rompre en certains endroits et laisser ainsi le passage aux capillaires qui atteindraient ainsi le stratum intermédiaire. Prenant (1924), reprend à son compte les observations de Jordan qu'il confirme et nie la vascularisation de l'organe de l'émail. Il ne peut s'agir d'après lui, que de globules extravasés donnant l'illusion de capillaires. Par contre, Bernick (1957) observe dès la différenciation des adamantoblastes un envahissement vasculaire du reticulum étoilé les capillaires arrivant au contact même du

pôle non secreteur des adamantoblastes et assurent ainsi un apport nutritif essentiel au métabolisme de ces derniers.

Pour notre part, nous avons observé (PHOTO VI), dans le reticulum étoilé et ce, avant toute trace de sécrétion d'email, la présence d'amas de globules sanguins sans qu'il soit possible de discerner la présence d'une bordure endothéliale. Jordan explique cette extravasation de globules en admettant la fusion entre les cellules de l'epithelium externe de l'organe de l'email et de l'endothélium des capillaires. Prenant, lui, pense qu'il s'agit sans doute de globules expulsés au cours des manoeuvres de fixation.

Quelque soit l'explication, la présence de plaques d'hématies au sein du réticulum étoilé nous est apparue de façon très nette. Quelques globules atteignent la bordure adamantoblastique, avant même que cette dernière se différencie en adamantoblastes fonctionnels (PHOTO VII).

Au niveau de la papille conjonctive la vascularisation centrale devient très riche et la capillarisation vient se terminer sous la couche cellulaire pré-odontoblastique.

Au moment de la différenciation de ces cellules, on observe la terminaison des vaisseaux immédiatement sous la palissade des odontoblastes.

3e stade : Début de dentinogenèse et différenciation des adamantoblastes.

foetus de 20 jours,	observation au niveau de l'incisive
Rat nouveau-né,	observation au niveau de la lère molaire

Rat de 2 jours, observation au niveau de la
2e molaire.

Face à la couche odontoblastique et dès la
secrétion d'une mince couche de dentine,
l'épithélium adamantin interne se différencie
en adamantoblastes.

Il est intéressant de noter à ce stade :

- Dans le sac folliculaire une concentration vasculaire au niveau de l'épithélium adamantin externe. Ce dernier prend une allure festonnée, particulièrement au niveau des incisives où l'organe de l'émail est peu volumineux (PHOTO VIII).
- Au niveau de l'organe de l'émail :
- Dans le reticulum étoilé, comme au stade précédent, un envahissement d'hématies qui semblent arriver au contact immédiat des adamantoblastes. Berkovitz (1967) observe et photographie des capillaires bien caractérisés dans ce réticulum sur des dents de marsupiaux, particulièrement au niveau des cornes cuspidiennes des molaires. Les capillaires se trouveraient limités au réticulum proprement dit sans atteindre les cellules du stratum intermédiaire. Ils n'atteindraient ce dernier qu'après secrétion d'une certaine épaisseur d'émail. De même ADDISON et APPLETON (1922) constatent un envahissement progressif, par les capillaires, du réticulum étoilé de la 1ère molaire chez le rat depuis le dernier jour de gestation jusqu'au 5e jour après la naissance.

La présence de globules sanguins dans le réticulum peut s'expliquer :

- soit par un artifice de fixation

- soit par la nécessité d'apporter aux adamantoblastes la nutrition nécessaire à leur métabolisme
- soit par un début de dégénérescence du réticulum étoilé et de l'épithélium adamantin externe, ce qui laisserait le passage libre aux capillaires. Il semble toutefois, que la vascularisation n'atteigne pas les adamantoblastes dont elle est séparée par les cellules du stratum intermedium (PHOTO IX)
- Au niveau de la papille dentaire on note, plus nettement encore qu'au stade précédent la présence d'une concentration vasculaire sous la couche odontoblastique. Les vaisseaux semblent se terminer au pôle basal des odontoblastes. Nous trouvons cet aspect d'une part sur les coupes de molaires et d'autre part sur des coupes de la région postérieure et moyenne de l'incisive.

Mais sur les coupes antérieures de l'incisive, au niveau de la couche odontoblastique qui limite le plafond de la chambre pulpaire et sous la dentine qui vient d'être secrétée, on note que les capillaires ont pénétré entre les odontoblastes et atteignent donc la préentine (PHOTO X).

La relation entre les capillaires de la pulpe et les odontoblastes a déjà été décrite par de nombreux auteurs. Ils sont généralement d'accord pour décrire un plexus capillaire terminal le long des parois de la chambre pulpaire.

Si nous considérons les dents en voie de développement chez le rat ces rapports entre la vascularisation et les odontoblastes varient selon la zone de la dent considérée, c'est à dire selon l'épaisseur et le degré de minéralisation de la dentine déposée. Au sta-

de du tout début de la dentinogénèse, nous voyons les capillaires se limiter au pôle basal des odontoblastes.

Mais à un stade plus avancé, quand la couche de la dentine devient plus épaisse et plus dense, nous voyons les capillaires s'insinuer entre les odontoblastes et venir au contact immédiat de la predentine. C'est ce que nous avons observé au niveau de la portion antérieure de l'incisive et c'est ce que nous allons retrouver au niveau des cornes cuspidiennes des molaires. Autrement dit, c'est dans les zones d'activité dentinogénétiques les plus importantes que les capillaires semblent se diriger : il est intéressant de noter que nous avons pu observer sur des coupes antérieures d'incisives de cobayes adultes, la même relation entre capillaires et prédentine que sur les germes de dents en voie de minéralisation. Et ceci n'a rien de surprenant puisque nous savons que l'incisive des rongeurs est une dent à croissance et à éruption continue et que par conséquent, la dentinogénèse y sera plus active qu'au niveau des molaires, dents à croissance limitée.

4e stade : sécrétion d'émail - minéralisation de la dent.

- Rat nouveau né : observation au niveau de l'incisive
rat de 2 jours : observation au niveau de la 1ère molaire
rat de 5 jours : observation au niveau de la 2e molaire.

A ce stade, le germe dentaire se trouve complètement isolé au sein de l'alvéole en formation. Les travées osseuses, de plus en plus denses l'entourent complètement sauf au

niveau du rebord gingival pour les molaires. Ce réseau osseux est très richement vascularisé et les capillaires qui le parcourent en tous sens sont en relation étroite avec ceux du sac folliculaire.

Ce dernier, qui va contribuer à la formation des tissus du périodonte est composé à ce stade de tissu conjonctif. Il est d'épaisseur beaucoup plus importante que le périodonte de la dent adulte. Comme nous l'avons noté, sa vascularisation a une double origine. Orban l'a décrite ainsi: "Elle a sa source dans la région périapicale où des vaisseaux pénètrent dans la future membrane périodontique en direction de gencives. Dans la région gingivale, ils s'anastomosent avec des vaisseaux issus de l'os alvéolaire". Nous pensons que ces vaisseaux du sac folliculaire sont également anastomosés avec les vaisseaux gingivaux. (PHOTO XI).

L'organe de l'émail a, lui, fortement diminué de volume, Les cellules de l'épithélium adamantin externe, du réticulum étoilé et du stratum intermédiaire sont accolées les unes aux autres et forment une cuticule autour des adamantoblastes. Ces derniers persisteront jusqu'à sécrétion complète de l'émail. On note autour de ce reliquat de l'organe de l'émail une concentration vasculaire qui lui donne un aspect festonné. Il ne semble pas y avoir rupture de l'épithélium externe pour laisser passage aux capillaires jusqu'aux adamantoblastes. Mais la nutrition de ces derniers par l'intermédiaire de la papille conjonctive se trouve interrompue par la double couche d'émail et de dentine. C'est donc entre ces bourgeonnements de l'épithélium externe, là où les vaisseaux semblent s'insinuer que devrait se faire cette nutrition. La surface occlusale de la dent se trouve ainsi recouverte

par un plexus capillaire qui la coiffe.

Dans la papille, on distingue maintenant deux parties :

d'une part, la pulpe en voie de formation, d'autre part, la dentine et la pre-dentine avec leur bordure odontoblastique. Nous avons décrit au stade précédent les rapports de la vascularisation et des odontoblastes (PHOTO XII).

Nous retrouvons une situation similaire, particulièrement au niveau des cornes cuspidiennes des molaires et du bord antérieur de l'incisive (PHOTO XIII).

Ces contacts étroits entre vascularisation et predentine n'ont rien de surprenant. Le processus de dentinogénèse est double : sécrétion d'une matrice d'une part et minéralisation de cette matrice d'autre part. L'apport des sels minéraux se fait par l'intermédiaire de la circulation sanguine. Il semble donc plus efficace que ces sels minéraux se déposent directement au contact de la predentine plutôt que de se diffuser par l'intermédiaire des odontoblastes.

Au niveau de la pulpe en voie de formation les plus gros vaisseaux se trouvent dans la partie inférieure. On distingue généralement deux ou trois capillaires plus importants qui pénètrent dans la zone d'accroissement de la dent qui aboutira à la formation de l'apex. Ils sont entourés de capillaires de diamètre plus réduit.

5e stade : Période pré-éruptive.

Rat de 15 jours : Observation au niveau de la 1ère molaire.

A ce stade, les racines de la première molai-
re ont commencé leur bifurcation et sont en
voie de développement. La couronne a pratique-
ment terminé sa minéralisation et atteint sa
forme et sa taille définitive. Elle est recou-
verte d'une mince cuticule qui est le reliquat
de l'organe de l'émail. Cette cuticule est
recouverte d'un fin réseau capillaire qui est
anastomosé avec les terminaisons des vaisseaux
du sac folliculaires de la région gingivale.

La vascularisation du sac folliculaire est
en rapport étroit avec celle de l'os, alveolai-
re qui l'entoure. La partie profonde du sac
folliculaire autour des racines en voie de
formation est également irriguée par des capil-
laires qui remontent le long du mur alvéolaire
et qui sont issus de l'artère dentaire infé-
rieure. La portion du sac folliculaire qui se
trouve contre le ciment semble ne pas être
vascularisée. Par la suite, lorsque ce sac,
par sa transformation en périodonte proprement
dit, diminuera de volume, les vaisseaux vien-
dront atteindre le ciment.

Des capillaires issus de l'artère dentaire
inférieure pénètrent par la base largement ou-
verte des racines. Ils se rejoignent au niveau
du plancher de la chambre pulpaire, formant un
arc vascularisé d'où part l'arborisation des
capillaires dans la chambre pulpaire comme
nous l'avons décrit sur la dent adulte. Cette
arborisation se termine au niveau de la bor-
dure odontoblastique, sauf comme nous l'avons
dit, au niveau du plafond de la chambre pul-
paire de l'incisive où ils atteignent la pré-
dentine. La capillarisation de la pulpe s'ac-
croît au fur et à mesure que la dent se dé-
veloppe, comme l'a souligné Orban (1944). Une
des fonctions de la pulpe est la différencia-
tion des cellules superficielles du mésendyme

en odontoblastes dont le rôle sera d'élaborer la dentine, d'où la nécessité d'un apport nutritionnel important, particulièrement en sels minéraux.

Photo n° I

Photo n° II

Photo n° III

Photo n° IV

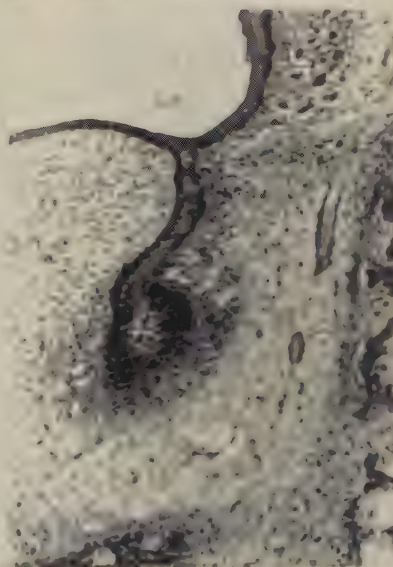
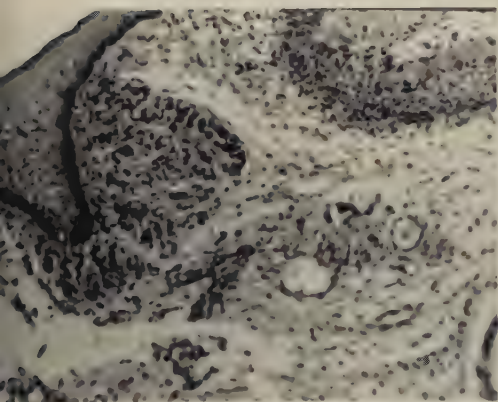
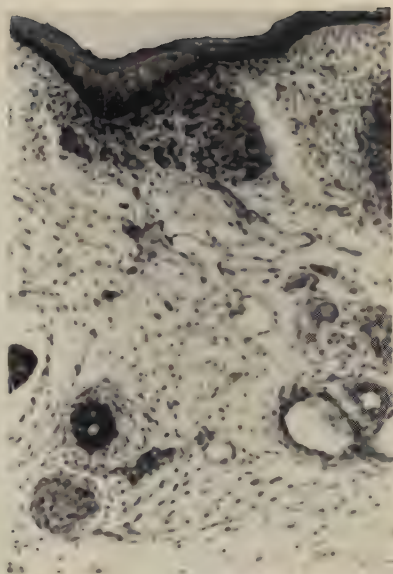
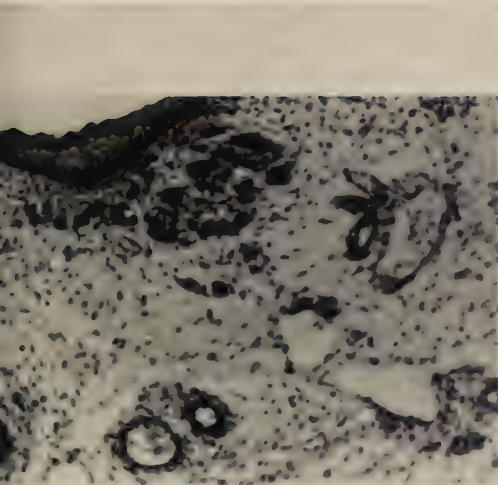


Photo n° I -

Fœtus de 15 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

On observe au début de la formation du mur plongeant et de la concentration mésodermique sous-jacente, la présence de vaisseaux de diamètre important dans la profondeur du mésotérme, et deux capillaires au voisinage immédiat de la prédentine.

Photo n° II -

Fœtus de 16 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

En même temps que le mur plongeant s'enfonce dans le mésoderme, on note l'approche des papillaires vers la papille conjonctive.

Photo n° III -

Fœtus de 17 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

L'enfoncement du mur plongeant dans le conjonctif s'accroît. On peut observer la pénétration des capillaires dans la papille conjonctive.

Photo n° IV -

Fœtus de 18 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

Formation du bourgeon dentaire appendu à la lame dentaire. Ce bourgeon s'entoure progressivement de capillaires. Il faut noter la présence de vaisseaux de diamètre important entre le bourgeon lui-même et les travées osseuses en voie de formation.

Photo n° V

Photo n° VI

Photo n° VII

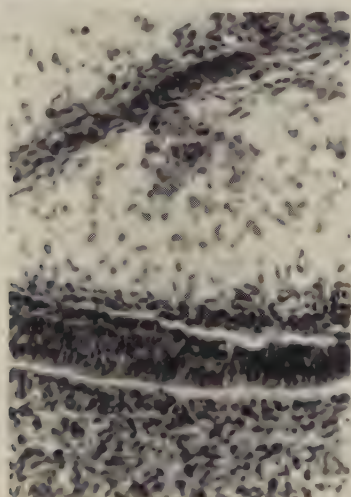
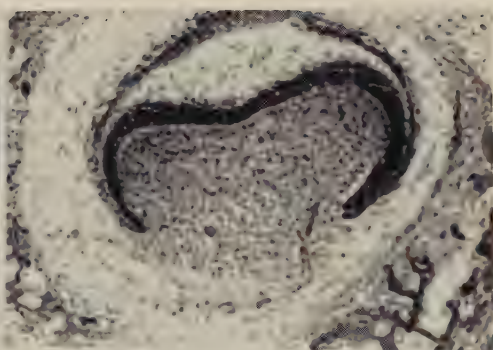
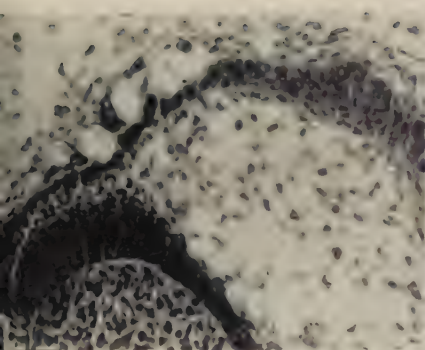


Photo n° V.

Foetus de 20 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 106.

Nous voyons ici, à fort agrandissement, au niveau de la zone de réflexion de l'organe de l'émail, des capillaires déprimer l'épithélium adamantin externe.

Photo n° VI.

Foetus de 20 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

A ce stade de la cloche dentaire, nous voyons les vaisseaux pénétrer dans la papille conjonctive (futurs vaisseaux pulpaire). On distingue quelques globules sanguins au sein du réticulum étoilé.

Photo n° VII.

Foetus de 20 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 106.

Important amas de globules sanguins au sein du réticulum étoilé, sans qu'il soit possible de distinguer nettement la présence d'un endothélium capillaire.

Photo n° VIII

Photo n° IX

Photo n° X

Photo n° XI

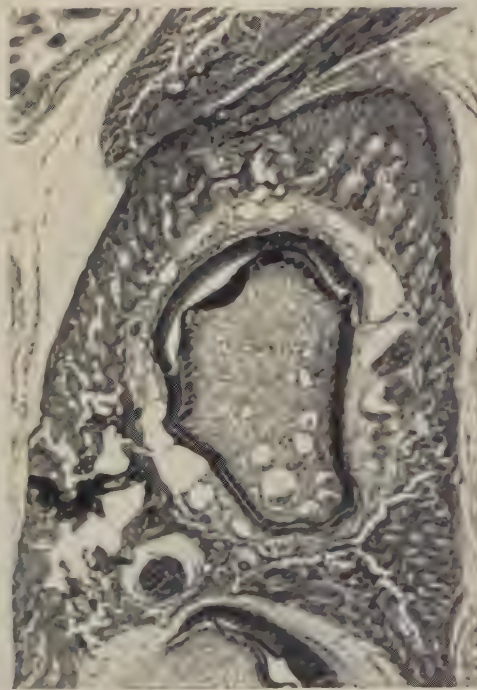
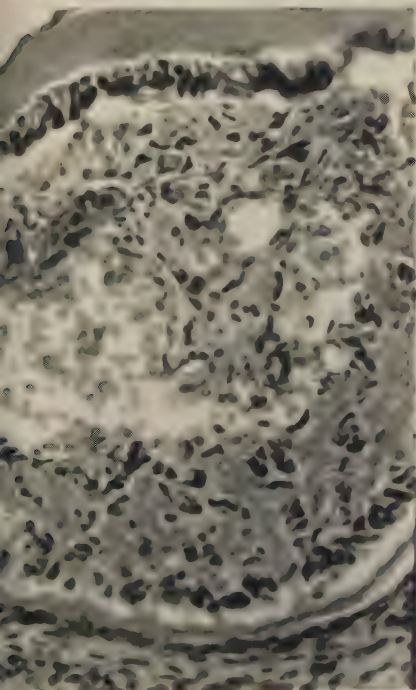
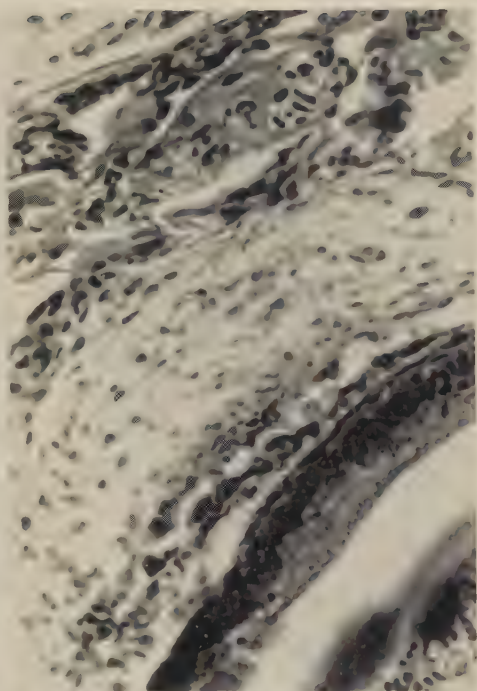
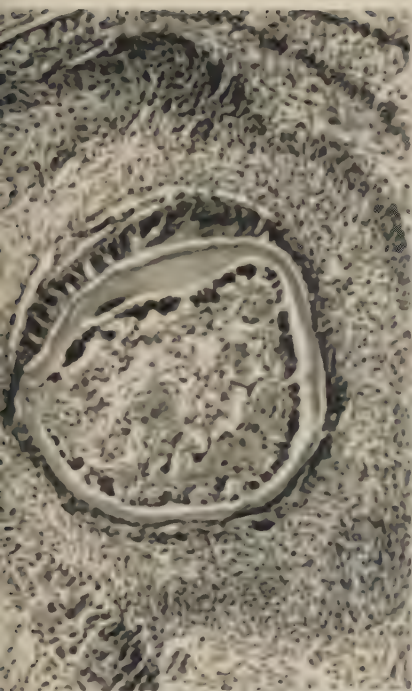


Photo n° VIII.

Fœtus de 20 jours.

Observation au niveau de l'incisive.

Agrandissement sur film x 42.

On note à la face vestibulaire, des capillaires entourant le reliquat de l'organe de l'émail. D'autre part au centre de la chambre pulpaire, la vascularisation est importante et on observe la présence de capillaire contre la bordure odontoblastique.

Photo n° IX.

Fœtus de 20 jours.

Observation au niveau de la face vestibulaire de l'incisive.

Agrandissement sur film x 106.

Nous voyons ici, à fort grossissement, les capillaires concentrés autour du reliquat de l'organe de l'émail, séparés des adamantoblastes par les cellules du stratum intermédiaire.

Photo n° X.

Rat nouveau-né.

Coupe antérieure de l'incisive.

Agrandissement sur film x 106.

Cette coupe se situe au niveau du plafond de la chambre pulpaire et nous observons la présence de vaisseaux contre la prédentine.

Photo n° XI.

Rat de 2 jours.

Observation au niveau de l'incisive.

Agrandissement sur film x 42.

On observe :

- au centre de la chambre pulpaire de nombreux vaisseaux de diamètre important ;
- dans le sac folliculaire, une très importante concentration vasculaire, en rapport avec celle des travées osseuses qui l'entourent.

Photo n° XII

Photo n° XIII

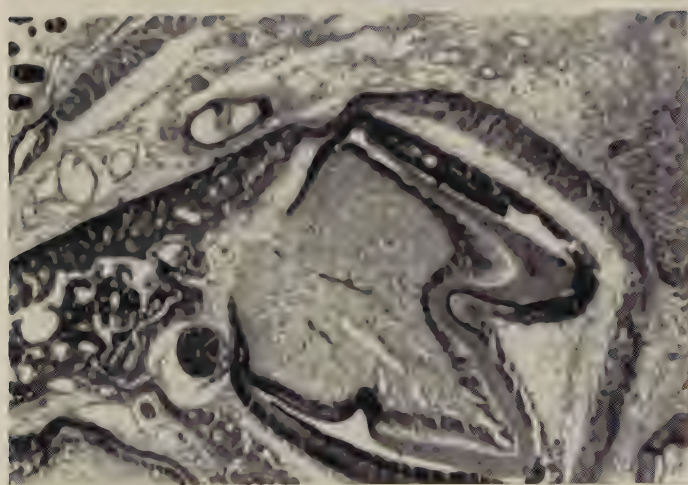
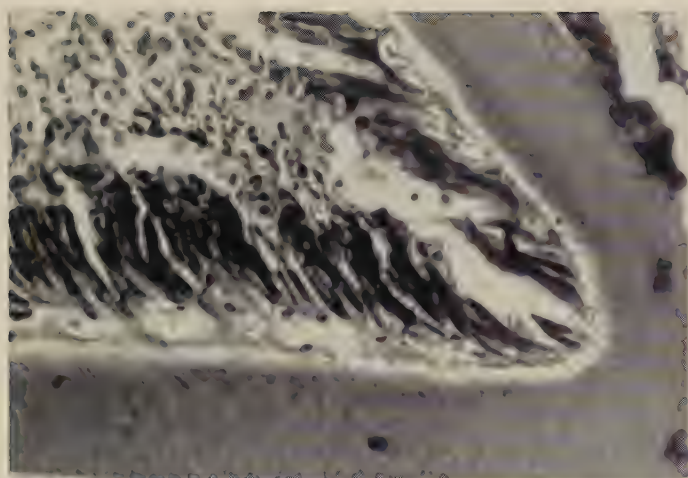


Photo n° XII.

Rat de 2 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 106.

Nous voyons ici, au niveau d'une corne cuspidienne les vaisseaux s'insinuant entre les odontoblastes et atteignant la prédentine.

Photo n° XIII.

Rat de 2 jours.

Observation au niveau de la lère molaire.

Agrandissement sur film x 42.

Pénétration des vaisseaux à la base de la papille se capillarisant dans la future chambre pulpaire.

CONCLUSIONS

Nous avons tenté d'étudier l'irrigation sanguine au niveau de la mandibule et des dents.

Dans une première partie, notre expérimentation a porté sur des mandibules de cobaye, qui comme nous l'avons dit, étaient mis à notre disposition en quantité illimitée au laboratoire. Par des injections intravasculaires, nous nous sommes efforcés de mettre en évidence la vascularisation de l'os proprement dit, des dents qui s'y insèrent et de l'attachement osseux-dentaire.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons pratiqué des coupes systématiques de mandibules de fœtus de rat depuis le 14^e jour de la vie intra-utérine, date à laquelle se différencie la lame dentaire, puis, jour après jour, jusqu'au début de la minéralisation du germe dentaire (rat de 5 jours). Ces expériences nous ont permis d'étudier l'organisation vasculaire en regard de l'évolution du germe dentaire.

Il est évident que, les données anatomiques chez le cobaye et chez le rat sont bien différentes de chez l'homme. Néanmoins, il nous semble que, biologiquement parlant, en nous référant aux études antérieures, notamment celles des auteurs anglo-saxons, l'apport sanguin au niveau de la mandibule se fait de ma-

nière similaire chez tous les mammifères supérieurs.

Certes, notre expérience et notre formation ne nous ont pas permis de dépasser une étude topographique. Nous avons essentiellement tenté un travail d'observation sans pénétrer dans le domaine physiologique ou histochimique. Mais nous espérons avoir la possibilité d'aller plus avant au cours de travaux futurs.

Ces observations nous ont permis de constater :

- au niveau du CONDYLE et de l'APOPHYSE CORONOIDE une circulation relativement indépendante de celle du restant de la mandibule, d'origine extra-osseuse, reliée seulement par quelques anastomoses aux rameaux issus de l'artère dentaire inférieure.
- la BRANCHE MONTANTE et l'ANGLE de la mandibule sont irrigués par des branches de l'artère dentaire inférieure qui se capillarisent dans le corps de l'os.
- Au niveau de la BRANCHE HORIZONTALE, trois zones vasculaires sont à considérer :
 - celle de l'os alvéolaire où la circulation sanguine est en rapport étroit avec celle du périodonte d'une part, avec des rameaux issus des vaisseaux gingivaux d'autre part.
 - celle du corps de l'os proprement dit, relativement peu dense au niveau de cet os, compact, circulation originaire des branches descendantes provenant de l'artère dentaire inférieure
 - celle du rebord basilaire où on observe des anastomoses entre les vaisseaux d'origine musculaire qui pénètrent dans l'os

au niveau des insertions et les branches de l'artère dentaire inférieure.

- La vascularisation des CHAMBRES PULPAIRES des dents nous a permis de constater une relation constante avec la bordure odontoblastique. D'autre part, la présence des sphincters musculaires précapillaires donne à penser que ces derniers jouent un rôle dans la vasomotricité à ce niveau.
- La riche vascularisation du PERIODONTE est anastomosée de façon constante avec l'irrigation de l'os alvéolaire. Cette vascularisation rend compte d'une activité physiologique et mécanique importante à ce niveau.

En ce qui concerne l'évolution du germe dentaire, la vascularisation se différencie et s'organise au fur et à mesure que les différentes étapes de cette évolution se précisent. Elle joue le rôle d'axe trophique d'une part, d'apport nutritionnel d'autre part, Elle permet des processus de calcification et ceci nous est apparu de façon particulièrement frappante au niveau de la couche odontoblastique où les capillaires arrivent au voisinage immédiat de la prédentine. En ce qui concerne la vascularisation de l'organe de l'émail, les capillaires se rapprochent des adamantoblastes au cours de la phase sécrétrice de ceux-ci ; ce rapprochement se fait :

- d'une part à la suite de la diminution de volume du réticulum étoilé et d'une série d'invaginations de l'épithélium externe, les capillaires se trouvant dans la concavité de ces invaginations
- d'autre part, nous avons constaté un envahissement du réticulum étoilé par des hématies, sans qu'il nous ait été possible d'y observer la présence d'un endothélium capillaire.

Nous réservons donc notre opinion quant à la présence de ces globules sanguins qui pourraient provenir d'une extravasation due à la fixation ou de la section oblique d'une invagination de l'épithélium externe donnant l'illusion que le capillaire a pénétré dans le réticulum.

Nous sommes parfaitement conscients que bien des points exposés pourraient être approfondis et donner lieu pour chacun d'entre eux à une étude particulière. Mais cette thèse est essentiellement pour nous un premier travail qui servira de base à des recherches ultérieures que nous espérons avoir le loisir d'entreprendre.

-:-

Vu :
Le Président :
Signé : A. SICARD

Vu :
Le Doyen :
Signé : G. BROUET

Vu et Permis d'Imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris :
Signé : Jean ROCHE

VI - BIBLIOGRAPHIE

ADDISON W.H.F. & APPLETON J.L.

The vascularity of the enamel organ in
the developping molar of albino rat.
Amer. Jour. Anat., 31, 161-189, 1922.

ARAUJO M.J. et al.

Anatomy of the pulpal cavity (portugais)
Rev. Brasil Odont., 25, 238-268, mai,
juin. 1967.

ARDOUIN.

Max inférieur : évolution chez les ver-
tebrés.
Rev. oto-rhin.laryn. 9, 536-55, 1946.

BAY R.

Comparative morphology of the dentition
in hominoids and the problems of homini-
zation.
Schweig. Wschr., 77, 277-92, April 67.

BERKOVITZ B.K.

The vascularity of the enamel organ in
the developping teeth of setonix brachyu-
rus and trichosurus vulpecule (marsupia-
la).
Arch. Oral Biology, 12, 1299-1305, décem-
ber 67.

BERNICK

Vascular supply to the developping teeth
of rats.
Anat. Records 137, 141-152, 1960.

BISHOP, MATTHEW, DORMAN & MORRE.

Blood flow and pressure in the mandibular artery.

Journal of Dental research, 38, 276, 1959.

BUTCHER E.O. & TAYLOR A.C.

The blood vascular supply of the dental sulph of the monkey and its alteration by tooth retraction.

J. of Dent. Res. n 31, 239, 1952.

BRUN P.

Quelques points d'anatomie sur la vascularisation artérielle du maxillaire inférieur.

Revue d'odonto-stomatologie, 1955, vol. XIII, n° 3.

BOYER C.C., WILLIAMS T.T. & STEVENS F.H.

Blood supply of the temporo mandibular joint.

J. of Dent. res., 43, 224-228, 1964.

BOEL H.W.

Über die Gefäße des periodontiums.

Med. Diss. Greisswald, 1954.

BLACKWOOD H.J.

Vascularisation of the condylar cartilage of the human mandible.

Journ. of Anat., 99, 551-63, July 1965.

BOYER & NEPTUNE.

Patterns of blood Supply to teeth and adjacent tissues.

J. of Dent. Res., 4, 158-71, 1962.

BRACHMAN F.

Attempts of arteriographic visualisation of the mandibular artery.

Deutsch. Zahnserztz z., 22, 192-6, 1967.

CASTELLI W.A. & HUELKE Donald F.

The arterial system of the head and neck
of the rhesus monkey with emphasis on the
external carotid system.

Amer. J. Anat., 116, 149-69, janvier 68.

CASTELLI W.A. & HUELKE Donald F.

The blood supply of the rat mandible.

Anat. Rec., 153, 335, 342.

CERNAVSKIS & HUNTER.

A study of the vascular pattern of the
rat mandible, using the micro angiography.

J. of Dental Research, 44, 1264-71, Nov.
déc. 1965.

CHAIDEES W.

Development of the mandible.

Intern. J. of Orth. Surg., 7, 674, 1936.

CHAMBERS & ZWEIFACH.

Topography and function of the mesente-
rie capillary circulation.

Amer. Journal of Anat., 75, 173, 1944.

CHENG & PROVENZA D.V.

Histologie observations on the morphology
of the blood vessels of canine and human
tooth pulp.

J. of Dent. Res., 38, 552-559, 1959.

CLERC J.P. & AARON C.

Analyse radiologique de la mandibule
foetale humaine.

Rev. Stom., 10-11, 782-784, 1958.

COHEN L.

Methods of invertisating the vascular
architecture of the mandible.

J. of Dent. Rev., 39, 936-46, 1960.

COHEN L.

Further studies into the vascular archi-

ture of the mandible.

COHEN L.

Methods of investigating the vascular architecture of the mandible.

J. of Dent. Res., 38, 920-31, 1959.

COHEN L.

Various drainage of the mandible.

Oral Anat. & Phys.

CONGDON E.D.

Transformation of the aortic arch system during the development of the human embryo.

Carnegie Cont. to embr., 100, 203-316, 1922.

DYRUD J.

The external carotid system of the rhesus monkey.

Anat. Rec., 90, 17-22, 1944.

FRIANT.

Le début de l'évolution du cartilage de Meckel chez les mammifères et l'homme.

Act. Odonto Stom., n° 43, 377-384, 1958.

GLASSTONE S.

The development of tooth germs in vitro.

J. Anat., 70, 260-266, 1953.

JAMES W.W.

The blood capillary system of the odontoblast layer of the dental pulp.

J. Anat. 89, 547, 1955.

JESENKY.

Vyvoji Zubnich cev. Rospray ces. Abad., 14, 29, 1905.

JORDAN.

The comparative histology of the enamel organ.

Amer. Journ. of Anat., 29, n° 3, 379-405,
1921.

HAYASHI.

Untersuchungen über die arterielle Blutversorgung des Periodontiums.

Dent. Hschr. Zahnheilk., 50, 145; 1932.

KELLER G.J. & COHEN D.W.

India ink perfusion to the vascular plexus of oral tissues.

Oral surgery, 8, 539, 1955.

KETTUNEN K.

Arteriographic visualisation of the alveolar (dental inferior) artery of the mandible.

British K. of Radiology, 38, 599-601, Aug 1965.

KINDOVLA & MATTENA.

Blood vessels of rat molar.

J. of Dent. research, 41, 450-460, 1962.

KRAMER I.R.H.

The vascular architecture of the human dental pulp.

Arch. Oral Biology, 2, 177-189, 1960.

KRAMER I.R.H.

A technic for the injection of blood vessels in the dental pulp using extracted tech.

Anat. Records, 111, 91-100, 1951.

KROGH.

Anatomy and physiology of capillaries.

New Haven Yale University press, 1929.

LIBERSA M. Ch.

Etude anatomique de l'artère dentaire inférieure chez le fœtus et l'adulte.

Revue de stomatologie, 1951, n° 4, Paris.

MASTERTON J.B.

Anatomy comparative.

Dent. Prac. Bristol. 2-10, sept. 1966.

MARONNEAUD.

Embryologie de la mandibule.

E.M.C. Stom. 1-2, 1960.

MARTIN G.F. Jr.

The venous system of the head and neck
of rhesus monkey macaca mulettta.

Alabama J. Med. Sci., 2, 273-9, July 65.

MUGNIER A.

Embryologie et developpement bucco-facial
Julien Prelat, Masson & Cie, Editeurs
1964.

MURGALA J.

Morphology of the maxillary bone in Macac-
cus Rhexus.

Folio Morph. (Waroz), 25, 335-41, 1966.

OIKARINEN V.J.

Maxillo-mandibular arteriography.

Suom Hammalask, 62, 64, 7, Apr. 1966.

ORBAN B.

Oral histology and embryology.

Edit. C.V. Mosby Co, St Louis, p.183-
1953.

OUVAROFF V.M. cité par H.J. SKOPAKOFF.

Etudes morphologiques sur l'apport san-
guin à la machoire.

Rev. Odonto-stom. (Bordeaux), 16-50-69,
1958.

PADGET D.H.

The development of the cranial arteries
in the human embryo.

Carnegie Cont. to embr. 32, 205-261, 1948.

PADGET D.H.

The cranial venous system in men in reference to development, adult configuration, and relation to the arteries.

Am. J. Anor, 98, 307-356, 1956.

PALAZZI S.

Formation et développement de la circulation sanguine dans l'odontogénèse.

Cahiers odonto-stom., 1, 35-38, 1951.

PROVENZA B.V.

The blood vascular supply of the dental pulp with emphasis on capillary circulation.

Cir. Res., 6, 213-216, 1959.

PARANT M.

Histologie de l'organe de l'émail.

PARANT M.

Morphologie de la lame dentaire jusqu'au 3e mois de la vie intra-utérine.

Actualités odonto-stomat., n° 9.

PROVENZA D.V.

The blood valcular supply of the dental pulp emphasis on capillary circulation.

Circulation research, 6, 239, 1952.

REED OM.

Studies of the dentition and eruption patterns in the San Antonio boboon colony.

The boboon in medical research (1st international symposium) H. Vagbord edit.

University of Texas Presse-Austin, 167-180, 1965.

RACADOT et WEILL.

Histologie dentaire.

Hulien Prelat - Masson & Cie, Editeur.

ROBINSON I.B. & B.G. SARNAT.

Growth pattern of pig mandible.

A serial roentgenographic study using
metallic implants.

Amer. J. Anat. 96, 37-64, 1956.

SAUNDERS R.L. de Ch.

Microradiographic studies of human adult
and fetal dental pulp vessels.

X-Ray microscopy and micro-radiography
I, 561-571, 1957.

SAUNDERS R.D. de Ch.

X-Ray microscopy of periodontal and den-
tal pulp vessel in the monkey and in man.
Oral Surg. Oral med. Oral path., 22 (4)
503-518, 1966.

SCHOUR I. & MASSIER.

The development of human dentition.

J. Amer. Dental Assn., 28, 1153-1160,
1941.

SCHOUR I. & MASSIER & STEADMAN S.R.

The growth pattern and daily rhythm of
the incisor of the rat.

Anat. Rec., 63, 325-333, 1935.

SHAPIRO H.M. & ROGERS W.M.

The anatomy of the temporo mandibular
articulation.

Arch. of clinical oral Path., 3, 3-15,
1939.

SCHUBACH P.L. & GOLDMAN H.

A technic of radiographic visualisation
of the vascular system of the periodon-
tal tissues.

J. Dent. Res., 36, 245-248, 1957.

SULZMAN.

Beitrage zur Histologie der Zahnpulpa.

Z. Mikr. anat. Forsch., 61, 281, 1955.

SCHWARTZ D.J.

The vasculare and musculative of the mandible of the Rhesus monkey *Macaca Mulatta*.

In Manuscript 1960.

TOKARSKI S.

Les variations de l'artère maxillaire interne chez l'homme expliquées par la variation chez les primates.

Compte rendu, 25, 507-510, 1931.

WILLIAMS T.W. Jr.

The visualisation of vertebrate capillary beds by intravascular precipitation of lead chromate.

Anat. Rec., 100, 115, 1948.

